ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS OU FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

MM. AD. BRONGNIART ET J. DECAISNE

XII

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1869

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

BOTANIQUE

SUR L'ÉVAPORATION DE L'EAU ET LA DÉCOMPOSITION DE L'ACIDE CARBONIQUE PAR LES FEUILLES DES VÉGÉTAUX,

Par **M. P. P. DEHÉRAIN**.

(Mémoire lu à l'Académie des sciences le 9 août 1869 ; Mémoire présenté le 25 octobre 1869.)

Les présents mémoires forment la première partie d'un travail sur la migration et les métamorphoses des principes immédiats dont je m'occupe depuis plusieurs années (1). La migration des principes immédiats solubles, leur transport d'une feuille à l'autre, me paraissent être déterminés surtout par l'évaporation, et c'est à ce titre que j'ai cru devoir soumettre à un examen approfondi cette fonction capitale des végétaux.

§ 1.

Résumé historique.

Son étude est déjà ancienne : dès le XVIIe siècle, en 1691, on trouve dans le vingtième volume des *Philosophical Transactions*,

(1) Un résumé de ce travail est inséré aux *Comptes rendus*, 27 décembre 1869.

un mémoire du docteur Woodward sur l'évaporation de l'eau par les plantes ; il plongeait dans l'eau d'un flacon préalablement pesée une tige garnie de feuilles, et déterminait la quantité d'eau évaporée après quelques jours. Hales opéra un peu plus tard sur des plantes entières ; il reconnut que les arbres à feuilles persistantes évaporent moins d'eau que les plantes à feuilles caduques, mais le travail le meilleur qui ait été écrit sur cette question est certainement celui qu'inséra Guettard en 1748 et 1749 aux *Mémoires de l'Académie des sciences*. En fixant dans des ballons de verre des branches d'arbre, et en pesant l'eau qui se condensait dans les ballons, il reconnut que l'évaporation était singulièrement plus active pendant le jour que pendant la nuit.

Le célèbre agronome anglais M. Lawes a publié plus récemment deux mémoires très-étendus sur l'évaporation (1), mais il n'en découle aucune conclusion précise. Le docteur Daubeny (2) a non-seulement étudié l'action de la lumière blanche, mais celle de diverses lumières colorées ; d'après lui « l'évaporation par les feuilles est due à l'action combinée de la chaleur et de la lumière réunies à ces influences mécaniques qui opèrent aussi bien sur la matière organique après sa mort que pendant sa vie. » On voit par le vague de la phrase combien l'idée elle-même est peu précise. Plus récemment, enfin, M. C. M. Guillemin, et surtout M. le docteur Julius Sachs, à qui on doit un important traité de physique végétale, ont repris l'étude de l'évaporation. « La lumière, dit le physiologiste allemand, est un des agents qui agissent le plus efficacement sur la transpiration, mais on ne peut dire si elle agit par elle-même ou par son union intime avec une élévation de température. Il est facile de constater qu'une plante exposée alternativement au soleil et à l'ombre transpire beaucoup plus dans la première des positions ;

(1) *The Rothamsted Memoirs*, ou *Journal of the Horticultural Society of London*, 1851, vol. VI, p. 227. — M. Lawes y donne un résumé historique assez étendu ; nous l'avons abrégé pour l'article FEUILLES du *Dictionnaire de chimie* de M. Wurtz.

(2) *Philosophical Transactions*, 1836, p. 159.

l'effet est visible après quelques minutes, mais est peut-être dû à l'échauffement des tissus. »

On voit donc qu'au moment où nous avons abordé nos recherches, la cause déterminante de l évaporation n'était pas nettement établie, et que les expériences faites depuis Guettard ne l'ont guère précisée.

Le docteur Sachs a souvent opéré sur des plantes entières qui étaient pesées au commencement et à la fin des expériences : c'était là un mode d'observation que la nature même de mes recherches m'interdisait d'employer ; je voulais comparer la puissance évaporatoire des feuilles appartenant à un même végétal, et je devais imaginer un appareil propre à déterminer la quantité d'eau qu'elles évaporaient dans le même temps. C'est ce que j'ai réalisé par les méthodes suivantes.

§ 2.

Mode d'opérer.

Les feuilles, encore adhérentes à la plante, furent d'abord placées dans un manchon de verre parcouru par un courant d'air qui se desséchait à l'entrée et à la sortie ; mais bientôt cette disposition compliquée fut abandonnée, quand on reconnut que l'évaporation se *continuait indéfiniment dans une atmosphère saturée.*

En faisant tout simplement usage en effet d'un ballon de verre très-léger, à col large et court, ou encore quand on veut opérer sur des feuilles longues et étroites comme celles des Graminées, d'un tube d'essai ordinaire maintenu par un support, on peut constater du premier coup ce fait important : l'évaporation de l'eau par les feuilles se continue aussi bien dans une atmosphère saturée qu'à l'air libre.

Ce résultat tout à fait inattendu et contraire à ce qu'on admet habituellement, fut constaté par l'expérience suivante : Une feuille de Blé adhérente à la tige est fixee par un bouchon fendu dans un tube de verre préalablement pesé ; le tout est placé au soleil, et l'expérience est commencée à une heure. A

une heure et demie il y avait dans le tube $0^{gr},141$ d'eau condensée. On replace le tube à deux heures; à deux heures et demie l'augmentation de poids est de $0^{gr},130$. On recommence l'expérience à trois heures sans vider le tube, qui renferme par conséquent $0^{gr},271$ d'eau ; à trois heures et demie on pèse de nouveau : l'augmentation de poids est de $0^{gr},121$; la feuille en expérience pesait $0^{gr},390$. Ainsi la quantité d'eau émise en une demi-heure a été à peu près constante, que le tube renfermât ou non une atmosphère saturée de vapeurs d'eau.

Pendant le même temps on avait placé au soleil, dans un petit ballon, une mèche de coton qui, plongeant dans l'eau par l'une de ses extrémités, traversait un tube de dégagement, puis venait s'épanouir dans un tube d'essai. Après deux heures, la quantité d'eau condensée dans le tube était de $0^{gr},076$; après trois heures d'exposition au soleil, $0^{gr},086$; après quatre heures, encore $0^{gr}, 086$: c'est-à-dire que la quantité d'eau émise restait bientôt stationnaire.

Ces essais préliminaires montraient que l'évaporation de l'eau par les feuilles est complétement différente de celle d'une surface humide quelconque ; qu'il n'était pas nécessaire, comme avaient cru devoir le faire quelques-uns de mes devanciers et comme je l'avais fait d'abord moi-même, de dessécher l'atmosphère dans laquelle avait lieu l'évaporation ; qu'enfin le tube de verre employé pour condenser l'eau évaporée, appareil précieux par sa simplicité, sa mobilité, qui permettaient de l'utiliser au milieu des cultures, pouvait être employé avec sécurité pour déterminer la quantité d'eau émise par les feuilles appartenant à des espèces végétales variées ou soumises à des actions diverses, si toutefois cette évaporation présentait elle-même quelque fixité, quand on opérait dans les mêmes circonstances, avec des feuilles appartenant à la même espèce.

Afin d'établir ce point capital pour les recherches entreprises, afin de reconnaître si des feuilles à peu près de même âge, appartenant à la même espèce, dégageaient dans le même temps, quand elles étaient placées dans des circonstances identiques, des quantités d'eau à peu près semblables, il fallait trouver un

terme de comparaison ; il eût été sans doute à désirer que cette comparaison fût établie sur des surfaces égales, mais la difficulté de donner à ce genre de mesure une précision suffisante nous a conduit à comparer des poids de feuilles égaux.

§ 3.

Les quantités d'eau évaporées au soleil par des feuilles appartenant à la même espèce et de poids semblables sont comparables.

Les nombres obtenus dans la première série d'essais sont résumés dans le tableau n° 1.

Tableau N° 1. — *Quantités d'eau évaporée en une heure par les feuilles exposées au soleil.*

DATES DE L'EXPÉRIENCE.	NATURE de la plante.	TEMPÉRATURE de l'air.	POIDS de la feuille.	POIDS de l'eau recueillie.	POIDS de l'eau recueillie, pour 100 de feuilles.
			gr	gr	gr
23 avril 1869	Colza	25°	15,600	0,210	1,3
			12,100	0,186	1,5
			18,400	0,200	1,0
30 avril	Colza	36°	4,500	0,550	12,0
			3,225	0,385	11,0
			6,410	0,760	12,0
8 juin	Blé	28°	2,430	2,015	88,2
		19°	1,510	1,120	74,2
		22°	1,850	1,330	71,8
2 juin	Seigle	36°	0,053	0,055	100,0
			0,055	0,053	99,0
			0,065	0,060	92,0

Le fait qui frappe d'abord à l'inspection du tableau n° 1, c'est que la quantité d'eau évaporée est à peu près comparable quand les feuilles appartiennent à la même espèce et sont à peu près de même poids ; mais qu'au contraire, la quantité d'eau recueillie varie singulièrement d'une espèce à l'autre, et dans la même espèce avec le poids de la feuille : plus la feuille est jeune, plus le poids d'eau qu'elle évapore est relativement considérable. Ainsi les grandes feuilles de Colza ont donné, relativement à leur

poids, une quantité d'eau beaucoup plus faible que les feuilles plus, petites qui étaient en même temps plus jeunes; on a donc été naturellement conduit à rechercher par des expériences directes si l'âge d'une feuille avait une influence sur sa puissance évaporatoire.

§ 4.

Les jeunes feuilles évaporent plus d'eau que les vieilles.

Les expériences ont été faites sur des feuilles de Seigle; elles ont porté simultanément sur les feuilles prises en haut de la tige et très-récemment développées, sur des feuilles du milieu, et enfin sur des feuilles du pied : les trois observations étaient toujours simultanées. On a obtenu les résultats suivants :

Tableau N° 2. — *Quantités d'eau évaporée par des feuilles de Seigle de différents âges exposées pendant une heure au soleil.*

DATES DE L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉRATURE au soleil.	PLACE des feuilles sur la tige.	POIDS des feuilles.	POIDS D'EAU recueillie.	POIDS D'EAU pour 100 de feuilles.
			gr	gr	gr
2 juin 1869	19°	Haut	0,053	0,055	100,0
		Milieu	0,189	0,190	100,0
		Bas	0,135	0,055	40,0
3 juin 1869	21°	Haut	0,055	0,053	99,0
		Milieu	0,195	0,190	97,9
		Bas	0,180	0,135	76,0
6 juin 1869	36°	Haut	0,065	0,060	92,0
		Milieu	0,201	0,163	81,0
		Bas	0,132	0,099	75,0
8 juin 1869	28°	Haut	0,051	0,051	100,0
		Milieu	0,185	0,122	66,0
		Bas	0,112	0,085	78,0
9 juin 1869	36°	Haut	0,049	0,048	92,0
		Milieu	0,153	0,120	78,0
		Bas	0,133	0,105	71,0

On reconnaît, à l'inspection du tableau n° 2 : 1° que les jeunes feuilles du sommet récemment développées ont toujours évaporé plus d'eau que les feuilles du bas, et que souvent les différences ont été très-considérables; 2° que si une fois la feuille

du milieu a fourni un poids égal à celui qu'a évaporé la feuille du haut, dans les quatre autres expériences la feuille du milieu a donné moins d'eau que celles du sommet ; 3° enfin, que dans quatre expériences sur cinq, les feuilles du pied ont donné moins d'eau que les feuilles du milieu (1). Ces résultats ont pour nous une importance capitale ; car on verra, dans le *Mémoire sur les métamorphoses et les migrations des principes immédiats dans les végétaux herbacés*, qui sera prochainement publié dans ce recueil, que nous tirons de cette différence dans la puissance d'évaporation l'explication de l'ascension des principes immédiats du bas de la tige au sommet.

§ 5.

L'évaporation de l'eau par les feuilles est déterminée par la lumière et non par la chaleur.

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, Guettard, Daubeny, puis le docteur Sachs, ont remarqué que les plantes exposées au soleil évaporent beaucoup plus d'eau que celles qui sont maintenues à l'ombre ; mais M. Sachs, comme Daubeny, ignore « s'il faut attribuer l'effet obtenu à la lumière, ou s'il n'est pas dû à l'échauffement des tissus ». Pour reconnaître s'il était possible de décider à quel agent appartient le maximum d'influence sur l'évaporation, nous avons opéré sur du Blé et de l'Orge placés successivement au soleil, à la lumière diffuse et à l'obscurité complète, et successivement soumis à des températures très-variées. Les premiers résultats obtenus sont réunis dans le tableau suivant :

(1) M. J. Sachs résume ainsi l'état de nos connaissances relativement à l'influence de l'âge sur l'évaporation : « Il y a évidemment un rapport entre l'énergie de la transpiration et l'âge ou le degré de développement des organes ; mais les observations enregistrées à cet égard ne nous permettent pas de rien dire d'exact à ce sujet : les feuilles très-jeunes et les très-vieilles paraissent transpirer moins sur l'unité de surface que celles qui sont entièrement développées. » (*Physiologie végétale*, édition française, p. 349.)

Tableau N° 3. — *Quantités d'eau évaporée par les feuilles en une heure.*

NUMÉROS de l'expérience et nature de la plante.	CIRCONSTANCES de l'expérience.	TEMPÉRATURE.	POIDS de la feuille.	POIDS de l'eau recueillie.	POIDS D'EAU pour 100 de feuilles.
		o	gr	gr	gr
Blé, n° 1....	Soleil...........	28	2,410	2,015	88,2
	Lumière diffuse....	22	1,920	0,340	17,7
	Obscurité.........	22	3,012	0,042	1,1
Orge, n° 2...	Soleil...........	19	1,510	1,120	74,2
	Lumière diffuse....	16	1,215	0,210	18,0
	Obscurité.........	16	1,342	0,032	2,3
Blé, n° 3...	Soleil...........	22	1,850	1,330	71,8
	Obscurité.........	16	2,470	0,070	2,8
Blé, n° 4....	Soleil...........	25	1,750	1,320	70,3
	Lumière diffuse....	22	1,810	0,110	6,0
	Obscurité.........	22	1,882	0,015	0,7

On reconnaît, à l'inspection du tableau n° 3, que les résultats obtenus sont extrêmement différents, suivant que les feuilles évaporant leur eau dans les tubes de verre étaient : au soleil, à la lumière diffuse du laboratoire, ou que le tube était recouvert d'un fourreau de papier noir, les plongeant dans une obscurité absolue. L'influence de la lumière est extrêmement sensible dans les expériences précédentes, tandis que celle de la chaleur est loin d'avoir sur l'accomplissement du phénomène une importance égale. En effet, le thermomètre s'arrêtait à 19 degrés dans l'expérience n° 2 faite au soleil, et il était à 22 degrés dans l'obscurité pendant l'expérience n° 4 ; et cependant dans le premier cas, pour 100 de feuilles, il y eut 74,2 d'eau évaporée, et dans le second cas pour 100 de feuilles il y eut 0,7 d'eau évaporée (1).

Toutefois comme ce point : l'*évaporation de l'eau par les feuilles est surtout déterminée par la lumière*, nous paraît avoir une grande importance, on dut multiplier les essais afin d'arri-

(1) Ces expériences ont été répétées au Muséum d'histoire naturelle devant M. Decaisne, et au laboratoire de physique de la Sorbonne devant MM. Decaisne et Jamin ; elles ont donné des résultats analogues à ceux que nous venons de signaler.

ver à une démonstration complète ; on a donc imaginé les expériences suivantes.

Dans un manchon de verre entourant le tube qui renfermait la feuille, on dirigea pendant toute la durée de l'expérience un courant d'eau à une température de 15 degrés ; elle pénétrait par la partie inférieure du manchon, s'échappait par un tube fixé au bouchon supérieur. Une feuille de Blé pesant 0gr,171 fut placée dans l'appareil au soleil ; elle donna en une heure 0gr,168 d'eau, c'est-à-dire sensiblement son poids. Quand elle fut ensuite plongée dans l'obscurité, elle ne donna qu'une quantité d'eau insignifiante : en une heure le tube augmenta de 0gr,001. Une autre feuille de Blé pesant 0gr,182 donna dans le même appareil, au soleil 0gr,171 d'eau, et 0gr,003 dans l'obscurité.

Enfin, pour accumuler de nouvelles preuves à l'appui de la proposition précédente, on remplaça dans une autre expérience l'eau à 15 degrés par de la glace fondante ; comme l'appareil était au soleil, la glace fondait très-vite, et à la partie inférieure du manchon où était placée la feuille la température oscillait autour de 4 degrés ; la feuille pesait 0gr, 170 : elle donna en une heure 0gr,185 d'eau, c'est-à-dire 108 d'eau pour 100 de feuilles. C'est le poids le plus considérable qu'on ait obtenu.

On ne saurait déduire de cette expérience que la chaleur n'a aucune action sur l'évaporation ; mais il faut reconnaître que cette action est assez faible pour qu'il y ait avantage à refroidir l'appareil et à obtenir ainsi une condensation plus complète de la vapeur d'eau émise par la plante.

Les expériences précédentes établissent donc que la lumière exerce sur l'évaporation de l'eau par les feuilles une influence remarquable ; et comme, d'autre part, on sait que la lumière est aussi l'agent qui détermine la décomposition de l'acide carbonique par les parties vertes des végétaux, on est naturellement conduit à rechercher s'il n'existerait pas entre ces deux fonctions des feuilles, évaporation et décomposition de l'acide carbonique, une liaison étroite, non aperçue jusqu'à présent.

Pour reconnaître si cette liaison existe en effet, nous devons étudier l'évaporation et la décomposition de l'acide carbonique

dans des circonstances variées, afin de constater si elles s'activent, s'atténuent ou s'annulent dans les mêmes conditions.

§ 6.

Une plante insolée conserve-t-elle, après qu'elle est rentrée dans l'obscurité, la faculté de décomposer l'acide carbonique et d'évaporer de l'eau ?

Quand on a exposé une plante au soleil, puis qu'on la rentre dans l'obscurité, et qu'on assujettit une de ses feuilles dans un tube de condensation, on n'observe aucune évaporation d'eau ; le phénomène s'arrête absolument.

Quand nous avons plongé dans l'obscurité une plante aquatique d'abord insolée, nous avons vu le dégagement de gaz s'arrêter également très-vite, souvent instantanément ; le dégagement de gaz persiste à la lumière diffuse, mais très-ralenti : on en jugera, au reste, par les expériences dont nous allons donner le résumé.

Elles ont été faites à l'aide du *Ceratophyllum submersum ;* elles ont porté simultanément sur quatre flacons d'un litre, remplis d'une dissolution saturée d'acide carbonique ; les tubes de dégagement qui traversaient les bouchons et les cloches sous lesquelles ils pénétraient, étaient également remplis d'eau.

Le flacon n° 1 avait reçu 35 grammes de *Ceratophyllum submersum*, il fut laissé au soleil pendant quatre heures ; il émit pendant ce temps 116 centimètres cubes de gaz. A l'analyse, 100 de gaz ont donné une quantité insignifiante d'acide carbonique, 75 d'oxygène, et par suite 25 d'azote.

Le flacon n° 2 avait reçu 26 grammes de *Ceratophyllum ;* on a recueilli 65^{cc},5 de gaz pendant une exposition au soleil de quatre heures : la proportion d'oxygène était encore de 75 pour 100.

Le flacon n° 3 resta au soleil pendant vingt minutes, il fut ensuite laissé dehors dans une cour bien éclairée, mais sans soleil ; on ne recueillit le gaz qu'après le transport du flacon à la lumière diffuse. Les 35 grammes de *Ceratophyllum* donnèrent 23^{cc},7 de gaz, renfermant 0^{cc},6 d'acide carbonique, et 14,9

d'oxygène : 100 de gaz auraient donc donné 62 d'oxygène.

Enfin le flacon n° 4, après vingt minutes d'insolation, fut rentré dans mon laboratoire de Grignon, qui est bien éclairé par de grandes fenêtres à l'est et à l'ouest. On recueillit en quatre heures de 25 grammes de *Ceratophyllum*, $6^{cc},9$ de gaz, ne renfermant pas sensiblement d'acide carbonique, et 1,5 d'oxygène, c'est-à-dire que 100 de gaz en auraient donné 21,7.

Le tableau suivant résume cette expérience ; on a ramené à 100 grammes de plantes.

TABLEAU N° 4. — *Quantités de gaz oxygène et azote émis par les flacons chargés d'une dissolution d'acide carbonique et renfermant* 100 *grammes de* Ceratophyllum submers.

NUMÉROS de l'expérience.	CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE.	GAZ TOTAL.	OXYGÈNE pour 100 de gaz.	AZOTE pour 100 de gaz.	ACIDE carbonique pour 100 de gaz.
N° 1........	Insolation pendant 4 heures..	cc 331,0	75,0	25,0	
N° 2........	Insolation pendant 4 heures..	366,0	75,0	25,0	
N° 3........	Insolation pendant 20 minutes. Lumière diffuse (dehors). 4 h.	67,6	62,0	34,6	3,4
N° 4........	Insolation pendant 20 minutes. Lumière diffuse (dans le laboratoire), 4 heures........	22,6	21,7	78,3	

Ainsi, d'après ces expériences, la quantité de gaz émise par une plante marécageuse cesse très-rapidement dans l'obscurité, quelquefois instantanément ; elle persiste à la lumière diffuse, mais en s'affaiblissant singulièrement ; elle s'affaiblit avec la lumière elle-même. — Ces résultats sont complétement d'accord avec ceux qu'a publiés M. Boussingault (1) et ceux qu'a donnés M. Van Tieghem (2) en 1869.

On constate donc entre les deux phénomènes d'évaporation et de décomposition un parallélisme complet ; ils se suivent régulièrement, ils apparaissent et ils cessent dans les mêmes conditions.

(1) *Comptes rendus,* 1869, t. XVIII, p. 410.

(2) *Comptes rendus,* t. LXIX, p. 531.

§ 7.

Les rayons lumineux, efficaces pour déterminer la décomposition de l'acide carbonique, le sont également pour déterminer l'évaporation de l'eau.

Un grand nombre d'observateurs, Daubeny (1), Hunt (2), Draper, plus récemment le docteur Sachs (3), M. Caillelet (4), ont étudié l'influence de divers rayons lumineux sur la décomposition de l'acide carbonique par les plantes; leurs résultats s'accordent sur ce point que les rayons jaunes et rouges sont plus efficaces que les verts et les bleus. Ils ont placé les plantes derrière des verres colorés ou dans des manchons renfermant des dissolutions de teintes variées. Ces procédés, dont nous avons fait usage nous-même, ne sont pas à l'abri de tout reproche; car la lumière émise est loin d'être parfaitement homogène, et il est évident qu'il serait préférable d'éclairer les plantes avec les rayons du spectre séparés les uns des autres par un prisme convenablement dispersif. Nous comptons reprendre l'été prochain nos travaux, en utilisant ce mode de recherches; mais les résultats que nous allons présenter peuvent cependant donner une idée de la marche du phénomène, et montrer que les rayons qui favorisent l'évaporation sont aussi ceux qui déterminent la décomposition de l'acide carbonique.

Une première série d'expériences fut faite à l'aide de tubes de verre entourés d'un manchon renfermant une dissolution jaune de chromate neutre de potasse, une dissolution bleue de sulfate de cuivre ammoniacal; dans ces tubes on plaçait une feuille de Blé dans un mélange d'acide carbonique et d'air, et l'on déterminait la quantité d'acide carbonique décomposée. D'autre part on employait les mêmes dissolutions pour entourer un tube de verre dans lequel était fixée une feuille encore adhérente à la plante, de façon à reconnaître la quantité d'eau évaporée sous l'influence des rayons diversement colorés.

(1) *Philosoph. Transactions*, 1836, I, p. 149.
(2) *Bot. Zeitung*, 1864, p. 355.
(3) *Physiologie végétale*, p. 27.
(4) *Annales de chimie et de physique*, 4e série, 1868, t. XIV, p. 325.

A cette première série d'expériences en succéda bientôt une autre, dans laquelle on employa une dissolution rouge de carmin dans l'ammoniaque et une dissolution verte de chlorure de cuivre ; tous les essais ont donné des résultats dans le même sens. Voici quelques-uns de ceux qui ont été obtenus.

TABLEAU N° 5. — *Influence comparée de divers rayons lumineux sur la décomposition de l'acide carbonique et sur l'évaporation de l'eau par les feuilles.*

Le manchon renferme :	Quantité d'acide carbonique évaporé en une heure par une feuille de Blé pesant 0gr,180. — L'atmosphère renfermait 38,8 d'acide carbonique pour 100 de gaz.	Quantité d'eau évaporée en une heure par une feuille de Blé pesant 0gr,175.
Dissolution jaune de chromate neutre de potasse..	cc 7,7	gr 0,111 d'eau.
Dissolution bleue de sulfate de cuivre ammoniacal...	1,5	0,011 d'eau.
Dissolution violette d'iode dans le sulfure de carbone...	0,3	0,001 d'eau.
	La températ. était de 37°.	La températ. était de 38°.
	La feuille pesait 0gr,172; l'atmosphère renfermait 22,2 d'acide carbonique.	La feuille pesait 0gr,172.
Dissolution rouge de carmin dans l'ammoniaque.....	15cc,1	0gr,161
Dissolution verte de chlorure de cuivre........	La feuille a émis 0cc,9 d'acide carbonique (1).	0gr,010

§ 8.

A égale intensité lumineuse, les rayons rouges et jaunes sont plus efficaces déterminer l'évaporation et la décomposition de l'acide carbonique que les rayons verts et bleus.

Un botaniste distingué, M. Prillieux (2), a présenté l'été dernier à l'Académie des sciences un travail sur l'influence des divers rayons lumineux sur la décomposition de l'acide carbonique. M. Prillieux fait remarquer avec raison que dans les recherches

(1) A la fin de l'expérience, on trouva 23,1 d'acide carbonique au lieu de 22,2.

(2) *Comptes rendus*, 1869, t. LXIX, p. 408, et *Annales des sciences naturelles*, 5e série, vol. X, p. 395.

de ce genre on ne s'est pas occupé d'obtenir des intensités lumineuses égales, et que, en exposant des feuilles dans des manchons renfermant une dissolution concentrée de sulfate de cuivre ammoniacal ou d'iode dans le sulfure de carbone, on expose les plantes à une lumière bleue ou violette infiniment moins intense que celle qu'on obtient à l'aide d'une dissolution jaune de chromate neutre de potasse ou rouge de carmin dans l'ammoniaque; en plaçant des plantes aquatiques dans de l'eau chargée d'acide carbonique, et en immergeant les flacons dans des manchons renfermant diverses dissolutions également transparentes, M. Prillieux a trouvé que dans le même temps la plante émettait la même quantité de gaz.

On conçoit toutefois que le mode d'opérer de M. Prillieux puisse entraîner deux causes d'erreur différentes. La première est la nécessité où l'on se trouve de diluer beaucoup la dissolution bleue pour l'amener au même degré de transparence que la dissolution jaune, et alors il reste à démontrer que la plante est bien placée dans de la lumière bleue et non dans de la lumière blanche à peine modifiée. La seconde cause d'erreur que je signalerai est due au mode d'observation : compter les bulles de gaz qui se dégagent pendant une minute, sans déterminer la nature de ce gaz, me paraît absolument défectueux, et je crois que cette méthode, imaginée par M. le docteur Sachs, devrait être bannie des recherches. En effet, nous avons reconnu que la quantité de gaz émise par une plante, au moment même où elle est plongée dans une dissolution colorée, n'est pas du tout celle qu'elle donnera quelques instants plus tard, et je crois qu'on ne peut conclure, dans des questions aussi délicates, qu'après avoir expérimenté pendant un temps assez long et avoir recueilli assez de gaz pour qu'il soit mesuré en centimètres cubes et analysé.

Pour obtenir des dissolutions également transparentes, on a pris des éprouvettes à gaz présentant le même diamètre intérieur, et l'on a étendu ou concentré les dissolutions jusqu'au moment où, placées à côté l'une de l'autre dans une chambre obscure et éclairées par une bougie, elles ont donné des ombres d'égale intensité. Le procédé de mesure est certainement dé-

fectueux, mais on a toujours un peu exagéré l'opacité de la dissolution rouge orangée du chlorure de fer que l'on comparait à la dissolution bleue du sulfate de cuivre amoniacal, et celle de la dissolution rouge vif de carmin dans l'ammoniaque comparée à la dissolution verte de chlorure de cuivre; les flacons étaient toujours complétement immergés dans la dissolution jusqu'au bouchon.

On a obtenu les résultats suivants :

TABLEAU N° 6. — *Quantité de gaz obtenu à l'aide de* 33 *grammes de* Potamogeton crispus *exposé pendant une heure dans des solutions d'acide carbonique, à l'action de lumières d'égale intensité, mais de coloration différente.*

NUMÉROS de l'expérience.	COULEUR de la dissolution.	QUANTITÉ de gaz recueilli.	QUANTITÉ de gaz pour 100 de plante.	OBSERVATIONS.
		cc	cc	
N° 1...	Jaune...	26,0	81,2	Après la première observation, les plantes ont été changées de dissolution; celle qui était dans le jaune a passé dans le bleu, et réciproquement.
	Bleu....	5,8	17,5	
	Jaune...	41,0	121,0	
	Bleu....	16,17	49,0	
N° 2...	Jaune...	31,5	98,0	Même observation que pour l'expérience n° 1.
	Bleu....	11,2	33,6	
	Jaune...	38,0	115,0	
	Bleu ...	12,5	37,0	
N° 3...	Jaune...	45,6	137,0	Même observation que pour l'expérience n° 2.
	Bleu....	9,1	27,5	
	Jaune...	44,3	134,0	
	Bleu....	10,0	30,0	

Mon jeune préparateur de l'école de Grignon, M. Derome, qui m'a aidé dans toutes ces recherches avec beaucoup de zèle et d'habileté, me suggéra l'idée de changer les flacons de place après une heure d'observation, afin de bien voir s'il n'y avait rien de particulier aux plantes en expérience. En suivant de l'œil le dégagement des bulles de gaz, nous reconnûmes bientôt un fait curieux, c'est que le dégagement du gaz provenant d'une plante qui a séjourné pendant une heure dans la lumière jaune est beaucoup plus rapide pendant les premières minutes de son séjour dans la lumière bleue qu'il ne l'est un peu plus tard.

Ce fait sera mis en évidence un peu plus loin; mais il convenait d'abord de répéter avec ces dissolutions également trans-

parentes les expériences d'évaporation sur des feuilles, afin de reconnaître si l'accord signalé jusqu'alors se poursuivait encore.

L'expérience fut faite au mois d'octobre à l'aide de feuilles de Maïs ; on a obtenu les résultats suivants :

Tableau N° 7. — *Évaporation des feuilles de Maïs exposées pendant une heure au soleil dans des manchons renfermant diverses dissolutions.*

COULEUR DE LA DISSOLUTION.	POIDS de la feuille.	POIDS D'EAU recueilli.	POIDS D'EAU pour 100 de feuilles.
	gr	gr	gr
Jaune orange (chlorure de fer)............	0,335	0,201	60,6
Rouge (carmin dans l'ammoniaque)..........	0,200	0,103	51,0
Bleu (sulfate de cuivre ammoniacal).........	0,320	0,130	40,6
Vert (chlorure de cuivre).................	0,300	0,100	33,3

On reconnaît ici encore que les rayons se placent dans le même ordre, qu'ils déterminent l'évaporation ou la décomposition de l'acide carbonique.

Dans une troisième série d'essais avec des dissolutions colorées, on résolut de s'efforcer d'obtenir un résultat analogue à celui qui avait été signalé par M. Prillieux, c'est-à-dire un dégagement gazeux aussi rapide dans la lumière bleue que dans la jaune ; pour y parvenir, on exagéra beaucoup l'opacité de la dissolution jaune. On obtint alors par un pâle soleil d'octobre, avec 30 grammes de *Potamogeton crispus :*

	cc
Dans la dissolution jaune..............	9,5 de gaz.
Dans la dissolution bleue..............	5,4 —

On changea les flacons de place, et dans le quart d'heure suivant, le soleil étant un peu plus brillant, on obtint de la plante plongée :

	cc
Dans la dissolution jaune.	5,3
Dans la dissolution bleue................ ..	7,0

Le soleil cessa de briller et l'on mit fin à l'expérience. Le lendemain on recommença.

Pendant la première heure, 30 grammes de *Potamogeton crispus* donnèrent :

	cc
Dans la dissolution jaune....................	16,0
Dans la dissolution bleue....................	14,0

On changea alors les flacons de manchon et l'on obtint :

	Dans la dissolution jaune.	Dans la dissolution bleue
	cc	cc
1er quart d'heure. / 2e quart d'heure.	3,2	4,0
3e quart d'heure.......	7,0	7,0
4e quart d'heure.....	9,0	8,0

Ainsi, la décomposition lancée dans la dissolution jaune reste plus active pendant un certain temps dans la dissolution bleue; puis l'égalité s'établit; puis enfin l'influence des rayons jaunes se fait sentir de nouveau, et la plante dégage dans le manchon renfermant du chlorure de fer un peu plus de gaz que dans le manchon bleu, encore que l'opacité de la dissolution jaune orangée fût singulièrement plus grande que celle de la dissolution bleue.

Tous les gaz précédents n'ont pas été analysés, mais ils l'ont été souvent cependant, et l'on n'a pas remarqué que la quantité d'oxygène pour 100 de gaz fût très-variable. Ainsi, dans une des expériences exécutées avec le *Potamogeton crispus*, où l'on avait recueilli d'une dissolution jaune 35^{cc},4 et seulement 24^{cc},7 d'une dissolution bleue, on a trouvé dans 100 des deux gaz 75,5 pour 100 d'oxygène.

Il faut donc reconnaître avec tous les observateurs qui se sont occupés de ces questions que l'intensité lumineuse n'est pas seule en jeu dans les phénomènes précédents, et que de même que les rayons qui présentent une certaine longueur d'onde sont efficaces pour déterminer la décomposition du chlorure d'argent, tandis que d'autres n'ont pas d'action, de même certains rayons caractérisés par leur longueur d'onde ont sur la décomposition de l'acide carbonique et sur l'évaporation de l'eau par les feuilles une action plus marquée que d'autres. On remarquera encore que l'influence des rayons efficaces pour déterminer la

décomposition paraît se prolonger après que la plante est soustraite à leur action et éclairée seulement par des rayons d'une énergie moindre.

§ 9.

L'endroit des feuilles décompose plus d'acide carbonique et évapore plus d'eau que l'envers.

Dans les nombreuses expériences qu'a faites M. Boussingault sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles, il a démontré qu'en général la partie supérieure, l'endroit, décomposait une plus grande quantité d'acide carbonique que l'envers ; si, comme nous le pensons, les deux fonctions : évaporation de l'eau, décomposition de l'acide carbonique, sont liées l'une à l'autre, on devait trouver que l'endroit évaporait plus d'eau que l'envers.

Pour le reconnaître, on a couvert d'une légère couche de collodion l'endroit, puis l'envers de certaines feuilles; puis, lorsque l'enduit était sec, on les a placées dans le tube d'essai, et l'on a noté la quantité d'eau émise.

Tableau N° 8. — *Évaporation composée de l'envers et de l'endroit des feuilles de Seigle placées au soleil pendant une heure.*

TEMPÉRATURE.	PARTIE DE LA FEUILLE ÉVAPORANT.	POIDS de la feuille.	POIDS DE L'EAU recueillie.	POIDS DE L'EAU pour 100 de feuille.
°		gr	gr	gr
36	Partie supérieure (endroit).........	0,251	0,150	59,2
32	Id.	0,340	0,288	70,0
35	Id.	0,112	0,075	66,9
35	Id.	0,205	0,145	70,7
38	Partie inférieure (envers)..........	0,821	0,121	37,7
32	Id.	0,230	0,089	38,6
35	Id.	0,211	0,073	34,6
35	Id.	0,155	0,060	38,7

La différence est, comme on le voit, considérable, et l'on trouve encore ici ce même accord entre la décomposition de l'acide carbonique et l'évaporation de l'eau. Nous ne voulons

cependant aujourd'hui risquer aucune hypothèse sur ce sujet; il nous suffit de montrer que ce rapport existe, pour qu'il devienne nécessaire de l'étudier dans des circonstances nouvelles, de façon à dévoiler comment sont liées ces deux fonctions qui, jusqu'à présent, étaient considérées comme complétement indépendantes l'une de l'autre.

CONCLUSIONS.

En résumant les divers points étudiés dans ce mémoire, on peut conclure :

1° L'évaporation de l'eau par les feuilles est déterminée par la lumière et non par la chaleur.

2° Cette évaporation se continue dans une atmosphère saturée.

3° Les jeunes feuilles évaporent plus d'eau que les anciennes.

4° Les rayons lumineux (jaune et rouge), efficaces pour déterminer la décomposition de l'acide carbonique, sont aussi ceux qui provoquent l'évaporation la plus abondante.

5° La différence d'action des divers rayons lumineux est encore sensible quand on s'efforce de les amener à une intensité lumineuse égale.

6° La partie supérieure des feuilles décompose mieux l'acide carbonique que l'inférieure, et est aussi celle qui évapore la plus grande quantité d'eau.

7° Il est vraisemblable qu'il existe entre les deux fonctions capitales des végétaux : évaporation et décomposition de l'acide carbonique, une liaison dont il reste à déterminer la nature.

NOTES SUR LES QUINQUINAS,

Par M. H.-A. WEDDELL.

(*Suite.*)

III. — Notes spéciales (1).

1. *C. officinalis.* — Il est bien reconnu aujourd'hui que Linné a désigné successivement plusieurs plantes très-différentes sous ce même nom (voy. Wedd., *Hist.*, pp. 40 et 41). L'adoption de l'épithète pour l'une d'elles est néanmoins parfaitement conforme à la règle.

Telle que l'espèce se trouve constituée sur mon tableau, elle correspond au *C. Condaminea vera* de ma Monographie, en en retranchant le synonyme *C. stupea* Pav., que je lui avais rapporté d'après Lambert (*Illustr. gen. Cinch.*, p. 2), mais à tort.

M. G. Planchon, qui a pu étudier la belle série d'échantillons de *Cinchona* de l'herbier Boissier, propose un autre arrangement des formes rapportées à ce type, et j'avoue que tout d'abord je me suis senti assez disposé à l'adopter. Si j'ai donné la préférence à celui de M. Howard, c'est qu'il m'a paru offrir des avantages pratiques qui compensent les quelques défauts qu'on pourrait lui reprocher. Voici, du reste, ce que M. Planchon dit à ce sujet (*Quinq.*, p. 80) : — « Les premières formes (*Uritusinga*, *violacea*, *obtusifolia*, *Palton*) appartiennent toutes au *Cinch. Condaminea vera* Wedd. Les formes *Casc. colorada* et *amarilla* du *Chahuarguera* Pav., le *Cinch. crispa* Tafalla, tel qu'il est figuré par Howard, se rapportent au même type; tandis que le *C. Chahuarguera* vrai et la forme du *C. crispa*, telle qu'elle existe dans l'herbier Boissier, et qu'elle est figurée dans l'ouvrage de Berg et Schmidt, rentrent, avec

(1) Ces notes répondent aux renvois du *Tableau des Espèces, Sous-Espèces, etc., du genre Cinchona,* donné dans le volume précédent (p. 367).

le *C. macrocalyx,* dans la variété β *Candollii.* — Le *Cinch. Chahuarguera* Pav. se rattache donc, par une de ses variétés, au *Condaminea vera* de Weddell, par les deux autres au *Condaminea* β du même auteur. Cela doit expliquer suffisamment pourquoi nous ne faisons pas deux espèces distinctes de cette série de formes, dont les extrêmes paraissent au premier abord très-différentes. »

2. *C. officinalis* α *Uritusinga.* — C'est la plante rapportée et décrite par la Condamine. Elle fournissait le quinquina de Loxa, dans les premiers temps de l'exploitation de la précieuse drogue : celui auquel les Espagnols appliquaient spécialement le nom de *Quina* ou *Cascarilla fina de Uritusinga*, et les Anglais celui de *Original Loxa* ou *Crown bark.* — Le *C. Uritusinga* d'alors était un arbre de haute futaie ; mais déjà du temps de la Condamine on avait de la peine à en trouver d'une taille élevée ; et aujourd'hui l'espèce elle-même aurait, selon M. Howard (in *Report*, etc., p. 202), presque disparu ; ce qui augmente encore l'utilité de sa transplantation dans les cultures de l'Inde, où elle paraît réussir à merveille. Une raison non moins capitale pour désirer sa multiplication, c'est que son écorce, si l'on prend l'ensemble des alcaloïdes qu'elle renferme, rivalise de richesse avec le bon calisaya (How., *Exam. of Pav. Coll.* p. 6). Après sa disparition des marchés européens, elle y a été remplacée par les produits des variétés suivantes :

3. *C. officinalis* β *Condaminea.* — Humboldt et Bonpland, confondant cette forme avec la précédente, lui ont donné, sans hésiter, le nom de la Condamine, qui, supposaient-ils, l'avait fait connaître le premier. On a vu plus haut que le vrai Quinquina de la Condamine, celui que Guibourt appelait *C. academica*, était le *C. Uritusinga.* La plante que Humboldt et Bonpland ont prise pour lui est le *C. Chahuarguera* Pav., devenu d'autant plus commun à Loxa, que sa rivale, plus précieuse, tendait davantage à disparaître.

Le produit commercial de cette variété est désigné par Pereira sous le nom de *Rusty Crown bark*, et contiendrait, d'après M. Howard, de 2 à 3 pour 100 d'alcaloïdes, consistant principa-

lement en cinchonidine (1). C'est là un fait intéressant à constater ; car s'il est vrai, ainsi qu'on le prétend, que ce quinquina est précisément celui qui fut employé à la guérison de la fièvre qui a donné tant d'éclat au nom de Chinchon, il en résulterait que la plus célèbre des cures opérées par le quinquina l'aurait été par une écorce qui ne contient pas de quinine.

4. *C. officinalis γ Bonplandiana.* — Les deux sous-variétés *colorata* et *lutea* correspondent aux écorces nommées *colorada* et *amarilla del Rey* par les Espagnols de Loxa. Ces deux sortes méritent encore, dit M. Howard (in *Report*, etc., p. 203), leur vieille réputation, et, quoique rares, se rencontrent encore dans le commerce, où elles se trouvent quelquefois mélangées, sans cependant qu'on les voie passer de l'une à l'autre par des transi-

(1) On sait que le produit qui porte dans le commerce le nom de quinidine renferme, en proportions variables, deux alcaloïdes différents : l'un (généralement prédominant) hydraté, efflorescent, isomère de la cinchonine, la *cinchonidine* ; l'autre anhydre, isomère de la quinine, auquel M. Pasteur, auteur de cette distinction, a conservé le nom de *quinidine*. Henry et Delondre regardaient la quinidine comme un état particulier d'hydratation de la quinine ; ce qui fait que, dans les analyses données dans la *Quinologie* de Bouchardat et Delondre, ce composé a été constamment porté au compte de la quinine ; confusion qui ne laisse pas que d'être un peu embarrassante pour ceux qui, n'étant pas au fait de l'opinion des auteurs, veulent juger, d'après l'ouvrage cité, de la richesse des écorces au point de vue strictement commercial. Sous le rapport thérapeutique, la confusion en question a peut-être moins d'importance qu'on ne pourrait le supposer, car de nombreux essais faits dans ces derniers temps, en particulier aux États-Unis, semblent avoir mis hors de doute les avantages qu'offre l'emploi des bases signalées plus haut, avantages peu inférieurs à ceux que l'on tire de l'usage de la quinine elle-même. Ces résultats viennent d'être pleinement confirmés par des expériences faites, à la suggestion de M. Howard, dans plusieurs des districts les plus insalubres de l'Inde anglaise, sur quelques milliers de cas de fièvres à accès ; il en résulte que l'efficacité de la quinidine et de la cinchonidine est à peu près égale à celle de la quinine. Ces alcaloïdes présenteraient en outre, dans leur mode d'action, des particularités qui pourraient en rendre l'emploi, comme succédanés de la quinine, encore plus utile. (Vid. *the Lancet*, March 19, 1870, p. 415.)

L'action de la cinchonine est moins énergique, et le goût en est plus désagréable, désavantages compensés cependant, jusqu'à un certain point, par son bas prix. M. Howard me fait savoir, en effet, que son établissement serait disposé à la livrer à raison de 12 francs la livre. En supposant donc la puissance thérapeutique de ce dernier alcaloïde moindre de moitié que celle de la quinine, la considération de la différence des prix devrait suffire à elle seule pour le relever du discrédit où il est trop injustement tombé.

tions insensibles. Ce sont probablement, ajoute-t-il, les formes *macho* et *hembra* du même type. — Je puis faire remarquer à cette occasion, que la distinction des formes *macho* et *hembra*, correspondant à l'état de dimorphisme des fleurs, sur laquelle j'ai appelé l'attention dans plusieurs passages de ma Monographie, a déjà été constatée chez un grand nombre des espèces de *Cinchona*. M. Howard a contribué, plus que personne, à appeler sur elle une attention sérieuse, en montrant la correspondance qui existe fréquemment entre la couleur de l'écorce et l'une ou l'autre des dispositions des organes sexuels, aussi bien qu'entre celles-ci et la constitution chimique même des écorces. — Je n'ai pas besoin de rappeler ici les nombreux et intéressants travaux faits, depuis la publication de mon ouvrage, et à un point de vue bien plus général, par M. Darwin, sur le même sujet.

5. *C. officinalis Bonplandiana angustifolia.* — C'est dans un rapport de M. Broughton, chimiste attaché aux plantations de *Cinchona* dans l'Inde anglaise, et reproduit dans la *Quinologie des Indes* (1) de M. Howard (p. 36), que cette plante se trouve signalée pour la première fois.— « Parmi les plants de *C. officinalis* (*Crown barks*) venus de graines rapportées par M. Cross, se trouvent, y est-il dit, quelques arbres clair-semés qui diffèrent nettement des autres par leurs feuilles étroitement lancéolées. Mon attention ayant été d'abord absorbée par les variétés que recommandait leur importance numérique, ce n'est que plus récemment que j'ai soumis leur écorce à l'analyse. » — Suit l'analyse qui a donné pour résultat à M. Broughton un total de 8 pour 100 d'alcaloïdes (dont 7,15 de quinine), tandis que les arbres voisins, de la même espèce, n'ont fourni qu'un total de 4,48, dont plus de la moitié se composait de cinchonidine et de cinchonine. — « Je ne crois pas exagérer, dit plus loin le même chimiste, en ajoutant que le produit de cette écorce en quinine est le plus beau que l'on ait encore obtenu ; elle a toutes les qualités qui constituent l'excellence. Je recommande donc

(1) *Quinology of the East Indian plantations*. London, 1869.

très-vivement que la plante soit multipliée aussi abondamment et aussi rapidement que possible. »

M. Broughton paraît avoir conjecturé que cette espèce était le *C. pitayensis;* mais son opinion n'a pas été partagée par M. Howard, qui, sur le vu des échantillons qu'il en a reçus dans ces derniers temps, a reconnu qu'elle devait être rapportée comme forme au *C. off. Bonplandiana.* — « Le nom de *lanceolata* étant déjà employé, dit-il (*in litt.*), on pourrait lui appliquer celui d'*angustifolia*, que Ruiz et Pavon avaient déjà eu l'intention, selon toute vraisemblance, de donner à cette même variété. Au lieu de cela, ils ont décrit en son lieu le *C. lancifolia* de Mutis, qui est une plante bien différente. On peut ajouter que le mot *lanceolata* n'exprime pas aussi bien la forme de la feuille que celui que je propose. Quoi qu'il en soit, comme cette écorce fournit plus de 10 pour 100 de sulfate de quinine, elle paraît destinée à acquérir une grande notoriété »... — Il n'est besoin de rien ajouter, je pense, aux citations ci-dessus, pour faire ressortir tout l'intérêt qui s'attache à la découverte de l'intelligent chimiste anglais.

6. **C. crispa.* — Selon M. Howard (*Illustr.*, sub *C. crispa*), ce serait cette forme que représenterait l'échantillon florifère (ombré) de la planche X des *Plantes équinoxiales* (1). Commercialement, son écorce a plus d'importance que les précédentes, mais moins à cause de son produit en alcaloïdes (qui n'est guère que d'un demi à 1 pour 100 de cinchonidine et de quinidine), qu'à cause de sa jolie apparence. Sa pauvreté relative pourrait au reste s'expliquer, ainsi que le fait remarquer M. Howard, par la petite taille de la plante, qui ne dépasse point, à ce qu'il paraît, deux mètres. A ce point de vue, on a donc eu raison de dire que le *C. officinalis crispa* avait, avec le type, les mêmes relations que le *C. Josephiana* avec le *C. Calisaya.* Les arbustes que je viens de comparer, croissant dans les mêmes conditions, ont aussi des écorces d'apparence fort analogue.

(1) L'auteur cité m'a fait remarquer, toutefois, que les feuilles n'offrent pas, dans la figure citée, l'apparence bosselée et réticulée qui les caractérise dans la nature.

7. *C. macrocalyx.* — Les plantes qui se rattachent à ce type présentent moins d'intérêt que celles des autres rameaux du groupe *officinalis*. Géographiquement, on peut dire qu'elles caractérisent le district de Cuenca, ce qui n'empêche pas que leurs produits n'aient été assez généralement classés parmi les quinquinas de Loxa de qualité inférieure. Le quinquina-macrocalyx en particulier se fait remarquer par sa structure plus ligneuse que celle des loxas fins, caractère qui lui a valu le nom de « loxa jaune fibreux ». Son produit en alcaloïdes, inférieur à celui du quinquina-Condaminea, se compose surtout de cinchonine, le reste consistant en cinchonidine et en traces de quinine.

8. **C. Palton* (1). — L'écorce de cette espèce paraît avoir acquis quelque importance commerciale dans ces dernières années, à cause de son contenu en quinine. D'après une analyse de M. Howard, la proportion de cette base ne dépasserait cependant guère 0,70 pour 100, formant, avec 1,34 de cinchonidine, un total d'environ 2 pour 100 d'alcaloïdes (2).

9. **C. suberosa.* — La connexion de cette espèce avec le *C. macrocalyx* m'a été signalée par M. Howard, qui m'a communiqué, à l'appui de son opinion, un dessin fait d'après un échantillon de l'herbier de Madrid. Son faciès est bien celui du *C. Palton*. Par son écorce à suber très-développé, il rappelle d'autre part le *C. lucumæfolia*.

L'arbre croissant dans la province de Loxa, où les indigènes le nomment *Casc. blanca pata de Gallinazo*, il paraît singulier que son écorce se rencontre dans le commerce, mêlée au cali-

(1) Les formes énumérées ici, comme sous-espèces du *C. macrocalyx*, ont besoin d'être plus étudiées qu'elles ne l'ont été jusqu'à présent. Plusieurs d'entre elles descendront très-probablement alors au rang de simples variétés. Il me paraît douteux, par contre, qu'elles puissent être élevées à un rang bien supérieur à celui que je leur ai assigné.

(2) L'analyse dont il s'agit est celle du quinquina que les Anglais appellent *West Carthagena bark*, écorce dont M. Howard croit (*Illustr.*) pouvoir faire remonter l'origine botanique au *C. Palton*. Dans une communication récente, le même auteur me dit que, par son écorce, le *C. Palton* se rapproche plus du *C. lanceolata* que de tout autre.

saya, ce qui aurait lieu cependant, selon le docteur Reichel et M. Howard.

9 *bis.* **C. obtusifolia.* — Le nom vulgaire que cette plante porte dans son pays natal n'est pas de nature à présager en sa faveur. On l'appelle *Casc. crespilla negra mala.* L'écorce qui apparaît de temps en temps dans le commerce, selon M. Howard, offre une assez bonne apparence et se distingue par un goût nauséabond, dû, apparemment, à la quantité d'acide quinovique qu'elle contient. On peut la classer parmi les quinquinas de Loxa de qualité inférieure.

10. **C. coccinea.* — Vulg. : *Casc. serrana acanelada.* C'est le « Quinquina jaune de Guayaquil » de la *Quinologie* de Delondre et Bouchardat, qui lui donnent comme rendement : 30 grammes de sulfate de cinchonine et 3 à 4 grammes de sulfate de quinine par kilo. — Les fleurs de cette espèce sont plus grandes qu'elles ne le sont habituellement dans le genre.

Je dois la communication de la note suivante de Robert Spruce à l'obligeance de M. Howard. — « *C. coccinea* Pav. — Evidemment le vrai *Pata de Gallinazo* des Andes de Quito, et observé par moi dans les mêmes lieux (Chillanes, Guaranda), ainsi que dans les vallées de Pallatarga et Alausi. Il m'est impossible de le distinguer, par les feuilles seules, du *Cuchicara* (*C. erythrantha?*) qui croît avec lui ; mais les Indiens prétendent qu'ils ne s'y trompent point. Son écorce a quelque valeur commerciale, tandis que celle du *Cuchicara* n'en a aucune. L'une et l'autre de ces plantes se font remarquer par l'épaisseur des nervures des feuilles, par leur inflorescence corymbiforme, et par la couleur écarlate obscure, ou rouge-brique, des fleurs, très-distincte de la nuance rouge ou rosée des fleurs des autres Cinchonas (1). »

Le nom vulgaire *Pata de Gallinazo*, donné ici par Spruce au *C. coccinea*, appartiendrait aussi, comme on l'a vu, au

(1) Le *C. erythrantha*, dont il paraît être question ici, offrirait donc une analogie marquée avec le *C. coccinea*, et, d'accord en cela avec M. G. Planchon, je les avais rattachés d'abord l'un et l'autre au *C. macrocalyx*. Ce n'est que plus tard, et d'après la recommandation de M. Howard, que je me suis décidé à en éloigner la première de

C. suberosa. Je dois ajouter que, dans d'autres districts, la même appellation est appliquée au *C. subcordata* Pav. (How., *Exam.*, etc., p. 33), à une forme du *C. ovata* R. et P. (How., *Illustr.*, sub *C. ovata*, p. 2), au *C. Peruviana* How. (in *Report*, etc., p. 205), et enfin, d'après Pœppig (*Reise*, II, p. 261), dans quelques circonstances, au *C. micrantha.*

11. *C. heterophylla.* — Source d'une écorce de peu de valeur appelée *quina negra* ou *negrilla*, renfermant environ 1 1/2 pour 100 de cinchonine et quinidine. Le port de la plante est assez semblable à celui de la précédente.

12. *C. lucumæfolia* et β *stupea.* — D'après les renseignements obtenus par M. Howard d'un habitant du pays, M. Riofrio, ce *Cinchona* et les *CC. lucumæfolia* et *lanceolata* sont connus, tous les trois, sous le nom commun de *Hoja de Lucma.* Il y a néanmoins, ajoute-t-il, entre les arbres et les écorces de ces trois formes, des différences telles, qu'on ne peut guère les confondre. Il faut excepter les jeunes écorces des *CC. lanceolata* et *stupea*, qui ont entre elles une ressemblance marquée. Un caractère commun au produit des trois arbres se trouve dans la longueur de leurs fibres corticales, d'où est venu pour l'un d'eux le nom spécifique de *stupea*, en espagnol *estoposa*, signifiant « comme de la filasse ».

13. *C. lanceolata.* — Plante intéressante par les caractères que son écorce a en commun avec celle du *C. Calisaya*, ce qui lui a fait attribuer pendant un temps, par Ruiz, l'origine de ce quinquina. Il y a, selon M. Howard, deux traits caractéristiques du quinquina-Calisaya qui se retrouvent dans le quinquina-lanceolata, ou du moins dans l'écorce rencontrée dans le commerce, à laquelle M. Howard a cru pouvoir donner ce nom, d'après la description de Pavon : 1° l'exfoliation facile des

ces plantes, pour la relier au *C. succirubra*, dont le savant quinologiste anglais considère qu'elle n'est qu'une forme remarquable. Au moment où il m'écrivait à ce sujet, il y en avait, paraît-il, des individus vivants à Kew, aussi bien que dans l'Inde.

Le point d'interrogation mis à la suite du nom spécifique d'*erythrantha* a été motivé par l'existence de quelque incertitude sur l'identité du *Cuchicara* avec la plante de Pavon. En effet, dans une note autre qne celle que j'ai transcrite, Spruce dit que le *C. erythrantha* est *probablement* le vrai *Cuchicara ;* mais il ne l'affirme pas.

couches extérieures de l'écorce, laissant à la surface du liber ces dépressions inégales auxquelles les gens du pays ont donné le nom de *conchas* (coquilles) ; 2° les spicules qui se détachent en abondance des écorces, et qui pénètrent la peau quand on les manie. — Une autre ressemblance se rencontre dans l'aspect du périderme des écorces roulées, qui les ferait prendre couramment pour du calisaya, si elles s'y trouvaient mêlées ; mais le tissu cellulaire lisse qui se rencontre au-dessous de ce périderme, aussi bien que le caractère généralement fibreux de l'écorce, démontrent que les relations intimes de l'espèce sont plutôt avec le *C. lancifolia* qu'avec le *C. Calisaya*. L'écorce mentionnée a donné 1,17 pour 100 de quinine, et 0,05 de cinchonine.

14. *C. lancifolia* Mutis. — Les discussions qui se sont élevées sur les relations de cette plante avec le *C. officinalis* ont été si souvent reproduites, qu'il serait superflu d'en reparler ici, surtout après ce que j'en ai déjà dit dans la première partie de ces notes. Les variétés signalées le sont en partie d'après M. Howard, et en partie d'après M. le docteur Karsten, qui a été plus à même que personne, dans ces derniers temps, d'étudier les formes que ce type affecte dans son pays natal. Je dois dire cependant que la distinction botanique des variétés laisse encore à désirer, et que l'on ne trouve pas, dans les travaux du savant botaniste de Berlin, sur ce sujet, toute la lumière que l'on aimerait à y rencontrer. Cette remarque, pour le dire en passant, s'applique surtout au quinquina qui porte dans le commerce le nom de « calisaya de Santa-Fé », et au quinquina-lancifolia rouge, dont il ne m'a pas été possible de constater le rapport avec les formes botaniques signalées par l'auteur.

M. Karsten fait remarquer, au sujet des feuilles du *C. lancifolia*, que les auteurs qui les ont décrites avant lui ont commis une omission grave en négligeant de signaler la présence des scrobicules à l'aisselle des nervures (1). Ce caractère ne consti-

(1) « Ces scrobicules, dit M. Karsten (*Med. Chinarind.*, p. 26), qui constituent un des signes généraux au moyen desquels on peut reconnaître la richesse de l'écorce en alcaloïdes, n'ont pas été remarqués par les anciens observateurs, et Weddell en nie po-

tuerait donc pas, ainsi que M. de Humboldt et d'autres l'ont affirmé, une différence entre cette espèce et le *C. officinalis.* — J'extrais des notes de M. Rampon (in G. Planch., *l. c.*, p. 95) les lignes suivantes relatives aux écorces du *C. lancifolia*, considérées en général. « Cette espèce offre de nombreuses variétés, sinon botaniques, au moins commerciales et pharmaceutiques. Suivant la latitude, la température, la localité, la nature du sol, sa hauteur, son exposition, le rendement peut varier de 10 à 35 grammes de quinine par kilo d'écorce (ou 1 à 3 1/2 pour 100), et ce rendement est loin d'être le même dans les diverses parties d'un même arbre. Ces considérations s'appliquent du reste à toutes les espèces de quinquinas. » — D'après M. Karsten, la proportion de la quinine oscille entre 0 et 4 1/2 pour 100. La cinchonine et surtout la quinidine jouent également un rôle considérable dans certaines variétés, tandis qu'elles manquent presque entièrement dans certaines autres.

15. *C. lancifolia vera.* — Forme typique à laquelle s'appliquent plus spécialement les noms vulgaires de *Quina tunita* et *naranjada.* L'écorce est le *Caqueta bark* du commerce anglais, le « quinquina-Carthagène spongieux », le « quinquina orangé de Mutis » et le « jaune-orangé » de Guibourt et Planchon et de Delondre et Bouchardat, enfin le *China flava fibrosa* de Gœbel.

Son rendement est, en moyenne, de 1 1/2 pour 100 de quinine, avec quelques traces de cinchonine et de quinidine.

15 *bis. C. lancifolia rubra.* — En l'absence de plus ample informé, je désigne ainsi l'arbre qui fournit le quinquina-lancifolia rouge, une des principales sources de la quinidine du commerce. Pereira (*loc. cit.*, p. 1646) dit que ce quinquina est connu dans le commerce anglais sous le nom de *Red Carthaqena bark.* C'est le « quinquina rouge de Carthagène » de Gui-

sitivement l'existence, sans doute parce qu'il n'a pas eu occasion d'étudier la plante vivante, ce détail étant difficile à apercevoir sur les échantillons secs. » — M. G. Planchon confirme également (*Quinq.*, p. 94) la présence des scrobicules sur les feuilles du *C. lancifolia,* sans paraître toutefois regarder ce caractère comme absolument constant. Leur fréquence est donc hors de doute, et si j'avais à ajouter quelques mots à ce sujet, ce serait tout au plus pour exprimer des doutes relativement aux déductions que le savant auteur du *Flora Columbiana* croit pouvoir tirer de leur présence.

bourt. On le recueille, ainsi que les autres variétés, à la Nouvelle-Grenade, d'un arbre qui croît côte à côte de celui qui fournit le quinquina-lancifolia orangé, et il est employé à la fabrication de la quinidine. Les plantes qui produisent ces deux écorces sont probablement des variétés de la même espèce. — J'ajouterai qu'il se pourrait que ce fussent les formes *macho* et *hembra* du *C. lancifolia.*

Le quinquina-lancifolia rouge contient une plus forte proportion d'alcaloïdes que le jaune orangé, mais on n'y trouve que de la cinchonine et de la quinidine (1), sans trace de quinine cristallisable. Il a été fort bien figuré par MM. Delondre et Bouchardat dans leur *Quinologie* (pl. 15), où ils opinent que l'on doit regarder ce produit comme étant le « quinquina rouge de Mutis » ; mais on ne voit pas sur quoi est fondée cette manière de voir, formellement en contradiction, d'ailleurs, avec le texte de la Quinologie de Mutis, que nous avons aujourd'hui sous les yeux, et qui confirme la version généralement admise, que le *Quina roja* de Mutis n'est autre chose que l'écorce du *Cinchona oblongifolia* du même auteur.

M. Howard, que j'ai eu soin de consulter au sujet de l'origine de l'écorce que nous avons en vue, a paru d'abord disposé à croire qu'elle était le produit de la variété *obtusata*, mentionnée ci-après ; mais l'analyse chimique que le docteur Karsten donne de l'écorce de la variété en question n'est nullement en faveur de cette thèse. Plus récemment (*in litt.* febr. 1870), M. Howard m'exprime l'opinion que la forme à laquelle cette écorce est due, est encore inédite.

15 *ter*. *C. lancifolia obtusata.* — Variété ayant, selon M. Karsten, qui l'a établie (*Die med. Chinar.*, p. 36), quelque analogie avec le *C. lucumæfolia*, dont elle se distingue par ses scrobicules. Son écorce ressemble beaucoup à celle de la forme typique, mais il est facile de l'en distinguer par la plus grande longueur des fibres qui hérissent la surface fracturée, caractère

(1) Composée, ainsi que je l'ai dit plus haut, de la quinidine et de la cinchonidine de Pasteur.

(2) Une analyse de M. Howard a donné : quinidine, 1,47 ; cinchonine, 1,14.

qui pourrait la faire prendre pour un *quina flava fibrosa* du commerce, où elle n'est pas recherchée, son rendement en quinine étant toujours inférieur à 1 pour 100.

16. *C. lancifolia Calisaya.* — Dans les mémoires quinologiques du docteur Karsten, il est fait çà et là allusion à la source botanique du Calisaya de Santa-Fé, comme se rattachant au *C. lancifolia*, mais nulle part il n'y est dit quoi que ce soit de positif à cet égard. M. Howard, cherchant, de son côté, à arriver à la vérité, a fait remonter l'origine de cette écorce à une variété de ce type qu'il indique (in *Report*, etc., p. 219) sous l'épithète d'*obovata*. Puis, plus tard, il la rapporte, mais plus dubitativement, à une variété *microphylla* de la même plante. Enfin, tout récemment, précisant sur ce point litigieux, il m'écrit que les renseignements sur l'origine du Calisaya de Santa-Fé, actuellement à notre disposition, sont tellement vagues, que le plus sûr serait de ne pas tenir compte, non plus, de cette dernière manière de voir. — Dans cet état d'incertitude, il m'a paru que je ne pouvais faire mieux, aucun doute n'existant d'ailleurs sur le type lui-même, que de conserver pour la variété botanique à laquelle nous devons un produit aussi remarquable, le nom même sous lequel ce produit a de tout temps été connu, celui auquel elle devra toujours son principal cachet.

L'arbre croît dans la province de Popayan, et, d'après les notions encore très-peu précises que nous avons sur son compte, il ne se distinguerait du *C. lancifolia* type que par des feuilles un peu plus petites. (Voy. Howard, *loc. cit.*, et Markham, *Chinch. sp. of New Gran.*, p. 44.)

Le quinquina-lancifolia-Calisaya est un des plus riches en quinine que nous connaissions. Selon MM. Delondre et Bouchardat (*loc. cit.*), son rendement serait de 30 à 32 grammes de sulfate de quinine et de 3 ou 4 grammes de sulfate de cinchonine. Une autre analyse du même quinquina, que je dois à l'obligeance de M. Howard, a donné les résultats suivants: quinine, 2,46 ; quinidine, 0,31 ; cinchonine, 0,18 ; produit inférieur, comme on voit, à celui du bon Calisaya. Un des caractères les plus saillants de ce quinquina, c'est son peu de consistance, ce

qui fait qu'il arrive généralement dans le commerce en fragments très-menus ou même presque en poussière.

17. *C. lancifolia discolor.* — M. Howard croit que c'est de cet arbre que l'on tire l'écorce connue dans le commerce anglais sous le nom de *soft Columbian bark* (quinquina-Columbie mou), sorte très-employée aujourd'hui à la préparation du sulfate de quinine, et que son nom permettrait de confondre assez facilement avec le quinquina-lancifolia-Calisaya.

Les graines de ce *Cinchona*, recueillies par M. Karsten, ont été envoyées à Java, et y ont germé à souhait. L'écorce de ces arbres choisis lui a donné 2 pour 100 de sulfate de quinine. D'autres analyses, faites sur des échantillons d'écorce de la même espèce, recueillis dans différents points de la forêt du district de Tablon, au nord de Pasto, ont produit, les unes 1 et demi pour 100 de sulfate de quinine et une faible quantité de cinchonine; d'autres 2 pour 100 de cinchonine, sans quinine; d'autres enfin n'ont fourni aucune trace d'alcaloïde (1).

18. **C. Forbesiana* How. *in litt.* — Foliis lanceolatis (ut plurimum 27 centim. longis, 10 centim. latis) acutis subcoriaceis concoloribus utrinque glabris, subtus in axillis costarum scrobiculatis, stipulis lanceolatis acutis; floribus parvis albidis. — *Hab.* in provincia Peruviana Larecaja, ad oras fluminis Mapiri, altit. 300-1200 metr. (David Forbes).

La plante dont on vient de lire la diagnose tracée par M. Howard est provenue de graines envoyées de Bolivie par le voyageur D. Forbes, en 1864, et semées à Kew au mois de mai de la même année. Transportée dans la serre de M. Howard,

(1) Les exemples de ce genre, et ils ne manquent pas (voyez, entre autres, la note sur le *C. corymbosa*), sont de nature à décourager ceux qui seraient portés à fonder une classification des écorces sur leur constitution chimique; et je me vois à regret obligé d'ajouter que celle-ci ne peut guère être employée utilement à la délimitation des formes botaniques occupant dans l'échelle un rang élevé. Par contre, la concordance fréquente que l'on observe entre elle et certaines modifications de structure ou de couleur de l'écorce rend son emploi très-utile comme moyen diagnostique des formes de rang inférieur.

(2) *Die Chinarinden des Wiener Grosshandels und der Wiener Sammlungen.* Vienne, 1867.

lorsqu'elle n'avait encore que quelques centimètres, et mise en pleine terre, elle avait acquis au bout de deux ans environ une hauteur de plus de 2 mètres et s'était ramifiée en tous sens. M. M'Ivor, de passage en Angleterre, en fit alors des boutures qu'il porta avec lui dans l'Inde, où l'on s'occupe actuellement de sa multiplication.

Le *C. Forbesiana* se rapprocherait, selon son auteur, par ses feuilles, du *C. lancifolia*, et du *C. micrantha* par ses fleurs, que malheureusement M. Howard n'a pas eu le plaisir de voir épanouir. On voit, d'après ces indications, que la place donnée à cette plante sur ma liste ne peut guère être regardée comme absolument définitive.

19. *C. amygdalifolia.* — Je n'ai rien à ajouter à ce que l'on sait déjà des caractères botaniques de cette espèce. Son écorce, que l'on rencontre quelquefois accidentellement dans le commerce, est classée par le docteur Vogl dans un même groupe avec celles des *CC. australis* et *scrobiculata.* Une analyse de M. Howard, rapportée par Pereira (*Mat. méd.*, p. 1629), a donné pour le *canuto*, 0,70 pour 100 de quinidine, plus quelques traces de cinchonine, et, pour le *tabla*, 0,23 de quinine avec une quantité égale de cinchonine. Une autre analyse que le même chimiste a eu l'obligeance de me communiquer directement a donné 0,70 pour 100 de quinidine, sans indications d'autre alcaloïde.

20. *C. pitayensis* (α *colorata*). — Arbor grandis, foliis lanceolatis subacuminatis apice et basi acutissimis coriaceis utrinque viridibus glaberrimisque in axillis costularum sæpius scrobiculatis; dentibus calycinis lineari-lanceolatis; corollæ tubo intus piloso; capsula (2-2 1/2 centim. longa) oblongo-elliptica. — *Hab.* in provincia Cauca Novo-Granatensium, præsertim juxta vicum Pitayo, altit. 2000-2500 metr. — Vulgo : *Quina r. ja de Pitayo.*

Les renseignements que je possédais sur cette plante, lorsque je publiai ma Monographie étaient fort incomplets ; je soupçonnais néanmoins, déjà, qu'elle devait constituer une espèce

distincte (voy. *loc. cit.*, p. 42). Les nombreux matériaux réunis depuis lors permettent à peu près aujourd'hui de compléter son histoire, et de lui assigner la place qui lui appartient dans la série de formes qui constituent le genre.

Dans l'ouvrage cité, j'ai appelé l'attention (et pour la première fois, si je ne me trompe) sur l'existence des poils qui tapissent, chez certaines espèces, une étendue plus ou moins grande de la face interne du tube de la corolle, et je regrettai alors que le petit nombre de ces espèces ne permît pas de faire de ce caractère un moyen de sectionnement de genre. Eh bien ! ce desideratum a presque cessé d'en être un, car M. Karsten a remarqué cette même particularité dans ses *CC. Trianæ* et *corymbosa*, et, tout récemment, je l'ai trouvée également dans le *C. pitayensis*, dont les deux plantes de M. Karsten paraissent être des formes. Si j'eusse éprouvé quelques regrets d'avoir établi une distinction spécifique entre la plante qui nous occupe et le *C. officinalis*, on comprendra que cette constatation n'aurait pas peu contribué à les faire disparaître. Elle m'a, de plus, immédiatement mis sur la voie des véritables connexions de ce type.

Quant à l'importance du *C. pitayensis* aux points de vue thérapeutique et commercial, on en jugera par l'appréciation suivante qu'en fait M. Howard, dans l'article, déjà si souvent cité, du Rapport du Congrès de Londres (p. 216). — « Si le district de Pitayo eût été le premier exploré, nul doute que l'abondance de cette espèce et ses propriétés médicinales, aussi bien que les nombreuses variétés qui s'y rattachent, ne l'eussent fait regarder comme la plante mère de tous les Cinchonas. »

M. Rampon, ancien consul de France dans la Nouvelle-Grenade, auquel on doit des détails intéressants sur les Quinquinas exploités dans cette région, a donné aux produits du *C. pitayensis* une attention spéciale. — « On les recueille, dit-il (in G. Planch., *loc. cit.*, p. 101), sur le versant occidental de la Cordillère moyenne, non dans la province d'Antioquia, où il n'y a que des faux Quinquinas, mais plus au sud, dans celle de Cauca, entre Sumbico et Popayan, et surtout dans les environs de Pitayo,

village indien qui lui a donné son nom. L'espèce est à peu près épuisée dans ce district. Elle présente deux variétés : le Pitayo jaune et le rouge-brun. » — C'est ce dernier qui serait, selon M. Rampon, le plus riche en alcaloïdes, la somme de ceux-ci étant quelquefois de 45 grammes par kilogramme. Son prix est alors plus élevé que celui du Calisaya (1).

Un échantillon de quinquina-Pitayo, provenant du Piñon de Pitayo, à une élévation de 8,000 pieds anglais, et envoyé par M. Cross à M. Howard, qui l'a analysé, a donné l'énorme produit suivant : sulfate de quinine, 585; quinidine et cinchonidine, 4,19 ; cinchonine, 1,30; c'est-à-dire environ 10 pour 100 d'alcaloïdes. (Voy. *Report*, etc., p. 217, *in adnot.*)

21. *C. pitayensis β Trianæ.* — M. Howard, se fondant sur l'examen d'échantillons reçus directement du pays, pense que l'on doit regarder cette plante comme la source du *Quina amarilla* ou *anaranjada de Pitayo*. Le docteur Karsten l'a rencontrée dans les forêts du volcan de Puracé, près de Popayan, à la hauteur de 2200 mètres. Elle contribuait jadis, dit-il (*Fl. Columb.*), à fournir l'écorce que l'on exportait sous le nom de Pitayo ; mais cette sorte, fort estimée dans le commerce, paraît être à peu près épuisée ou est devenue, tout au moins, très-rare. Plus loin, M. Karsten dit que l'écorce qui est reçue actuellement comme Pitayo se recueille auprès de Totoro et de Puracé, et provient d'une forme à petites feuilles du *C. lancifolia*. Cette remarque, mise en regard du paragraphe qui se trouve au bas de la page 19 de l'ouvrage du même auteur, intitulé : *Die medicinischen Chi-*

(1) Les remarques suivantes de M. Howard, sur les écorces les plus remarquables par leurs principes fébrifuges, seront lues avec intérêt. « Les quinquinas-Calisaya de la Bolivie sont, sans contredit, ceux que l'on estime le plus dans le commerce, à cause de la proportion de quinine qu'ils renferment; mais il n'est nullement prouvé que ce soient eux qui contiennent la plus forte proportion d'alcaloïdes. Ce maximum se trouve peut-être dans certains échantillons du « quinquina rouge » du commerce, ou dans le quinquina-Pitayo de Popayan ; et il est bon de savoir que certaines variétés, la variété du *C. lancifolia*, par exemple, qui porte le nom de « Calisaya de Santa-Fé », et celle du quinquina-Pitayo, qui est si connue des commerçants, rivalisent, par leur produit de quinine, avec les écorces de la Bolivie, et sont cotées, en conséquence, à des prix très-élevés. » (How., *Illustr.*, p. VIII.)

narinden Neu Granada's (1), et l'absence de tout rapprochement établi par lui entre son *C. Trianæ* et le *C. pitayensis*, doivent-elles conduire à supposer que M. Karsten fait dériver le *Quina roja de Pitayo*, figuré par MM. Delondre et Bouchardat (*Quinologie*, pl. 12), du *C. lancifolia* (2)?

Outre cette sorte jaune, dont il vient d'être question, et la rouge mentionnée plus haut, qui porte aussi, à ce qu'il paraît, la désignation de *canela* (*Report*, etc., p. 217), il y en a une troisième, signalée par M. Cross sous le nom de *Quina blanca de Pitayo*, mais sur le compte de laquelle je n'ai jusqu'ici aucun renseignement bien précis. Cette dernière se rapporte à la variété *γ. pallida* de mon tableau.

21 *bis*. *C. pitayensis almaguerensis*. — M. Rampon dit (*l. c.*) au sujet de cette forme : — « Au sud de Pitayo, en s'avançant vers l'Equateur, on trouve du côté de Pasto et d'Almaguer une autre variété du *Condaminea vera*, que nous appellerons *Almaguerensis*. Elle ressemble exactement au Pitayo, dont elle diffère par son rendement, la quinine faisant place à une forte proportion de cinchonine. » — M. Howard en fait mention de son côté (in *Report*, etc., p. 218), dans les termes suivants : — « La source de ces écorces (les quinquinas-Pitayo) semble être épuisée, pour le moment, et une autre sorte, de qualité très-inférieure, provenant du canton d'Almaguer, en a pris la place. Les premiers échantillons en ont été apportés à Paris, par M. Engler, en 1855. » — D'après l'étiquette accompagnant l'un de ces échantillons et portant l'inscription : « *Canton d'Almaguer, Quina du Pongo* », les feuilles rappelleraient celles du Saule, et seraient d'un vert foncé, à côtes rouges (3). Voilà, ajoute

(1) Voici ce paragraphe : « Dans les analyses, données par MM. Delondre et Bouchardat dans leur *Quinologie* (p. 33, etc.), du « quinquina-Calisaya de Santa-Fé », du « quinquina jaune orangé de Mutis », du « quinquina Pitayo » et du « quinquina rouge de Mutis », que mes observations me portent à regarder comme des variétés de l'écorce du *C. lancifolia*, plutôt que comme des sortes mutisiennes, on retrouve la même diversité de produit en alcaloïdes ; ce qui a porté MM. Delondre et Bouchardat à les considérer comme espèces distinctes. »

(2) Voyez également ce que le docteur E. Vogl dit à ce sujet (*loc. cit.*, p. 100).

(3) D'après une analyse de ce quinquina de Pongo, dont M. Howard m'a communi-

M. Howard, tout ce que je sais de cette sorte de quinquina-Pitayo, dont elle peut constituer une variété *almaguerensis* (1).

22. **C. corymbosa.* — Cet arbre s'élève souvent à plus de 30 mètres, et son tronc peut atteindre alors un diamètre de près d'un mètre. Il a été découvert par M. Karsten, dans les forêts qui revêtent les flancs des volcans de Cumbal et de Chiles, qui bornent à l'ouest le plateau de Tuquerres, et il y est si abondant, dans quelques points, qu'il y forme, pour ainsi dire, le fond de la végétation.

Les observations que M. Karsten a eu occasion de poursuivre sur cette plante, et auxquelles j'ai déjà fait allusion ailleurs, offrent un vif intérêt, et fournissent une nouvelle preuve des rapports qui existent entre la nature du site où croissent les Quinquinas et la richesse de leur écorce en alcaloïdes. Qu'il me suffise de dire que la proportion de sulfate de quinine produite par des écorces recueillies dans diverses parties de ces forêts, et analysées par M. Karsten, a varié de 0 à 3 1/2 pour 100; les arbres qui croissent dans les parties élevées étant généralement les plus productifs.

D'après M. Howard (in *Report*, etc., p. 220), le *C. corymbosa* serait la source d'une sorte de quinquina dont il a été fait des importations assez considérables depuis l'époque des recherches

qué les résultats, il y a quelques années, son contenu, en alcaloïdes, serait : quinine, 1,98; quinidine, 0,71; cinchonine, 1,71.

(1) Voici, comme on voit, une variété établie sur des caractères tirés de l'écorce, et l'on a pu remarquer que plusieurs autres membres des séries que renferme mon tableau ont une origine semblable. Il n'y a rien là qui doive étonner. Quand on songe, en effet, au rôle considérable de l'écorce dans le développement de la plante, pendant les diverses phases de son existence; quand on a vu les nombreuses formes qu'elle est susceptible de revêtir; quand, enfin, on prend en considération l'attention toute particulière donnée à cette partie par les quinologistes, on comprend qu'il y ait d'aussi bonnes raisons pour fonder des distinctions de rang sur son examen, que sur celui des feuilles ou de tout autre organe; bien mieux encore, quand on est habitué à voir les caractères physionomiques et organiques appuyés par des différences correspondantes dans la constitution chimique. De nombreux précédents rendent, du reste, ces remarques presque superflues. Il suffirait de rappeler l'exemple de l'*Ulmus suberosa* Ehrh., qui n'a été constitué en variété distincte de l'*U. campestris* qu'en raison du caractère particulier présenté par la partie en question.

de M. Karsten, mais que l'on cessera d'exploiter, le prix de vente ne pouvant être rémunérateur. — M. Triana serait disposé à le regarder (How. *in litt.*) comme une forme du *C. pitayensis*, avec lequel il me paraît, en effet, avoir plus d'un point de contact.

23. *CC. rugosa* et *rugosa crispa*. — On ne sait rien sur les produits du type. L'écorce de la variété *crispa* décrite par Guibourt sous le nom de « quinquina payama de Loxa », n'a aucune valeur commerciale. Elle est caractérisée par sa texture fibreuse et par la facilité avec laquelle elle se rompt dans le sens longitudinal. M. Howard y a rencontré 0,70 pour 100 d'alcaloïdes, principalement de quinidine. Soumise à l'action de la chaleur, elle donne un sublimé rose abondant qui ne se voit pas chez l'espèce suivante, dans les mêmes conditions.

24. *C. Mutisii*. — M. Howard assure (*loc. cit.*) que le seul alcaloïde qu'il ait pu découvrir dans l'écorce de ce *Cinchona* est l'aricine; encore n'a-t-il pu en isoler que 0,23 pour 100. Le produit dont j'ai donné l'analyse il y a quelques années, dans le *Bulletin de la Société Botanique de France* (vol. II, p. 150), avait, selon toute probabilité, une origine très-différente.

Nonobstant son peu de valeur intrinsèque, ce quinquina est cependant encore accepté dans le commerce, où il apparaît parfois sans mélange d'autres écorces, et où on le reçoit comme une sorte de *Crown bark*. Il est sans doute en partie redevable de cette faveur à sa texture, plus finement fibreuse que celle du *C. rugosa*.

25. *C. hirsuta*. — Malgré les éloges que quelques auteurs anciens ont faits de l'écorce de ce Quinquina, il paraît positif qu'elle a presque disparu du commerce; mais cette rareté pourrait aussi bien être attribuée à la difficulté que présente sa récolte, par suite de son extrême minceur (d'où le nom de *Casc. delgada*), qu'à un défaut de qualité. On n'en connaît aucune analyse authentique; mais le sublimé carminé abondant qu'elle fournit par la chaleur pourrait, d'après M. Howard, donner à penser qu'elle est moins pauvre que ne le laisseraient supposer ses

caractères généraux et ses capsules longues, grossièrement tournées et s'ouvrant parfois du sommet vers la base.

26. *C. carabayensis.* — La connexion que j'établis ici entre le groupe des *Pahudianæ*, dont cette plante fait partie, et celui des *Eurugosæ*, n'est pas fondée sur des données bien précises. Aussi n'est-il pas impossible que les espèces qui le composent trouvent un jour une autre distribution. Outre quelques caractères botaniques communs, celles-ci offrent encore, comme trait d'union, le peu d'intérêt qui s'attache à leurs produits, au double point de vue de la thérapeutique et du commerce.

Lorsque je décrivis le *C. carabayensis* dans ma Monographie, je n'en connaissais encore que les fruits. Depuis lors, M. Markham en a vu et rapporté les fleurs, que j'ai pu étudier, grâce à la courtoisie du docteur Hooker, mais qui ne m'ont présenté aucun caractère bien digne d'être noté. La couleur de la corolle, d'après le voyageur cité, est d'un beau rose vif.

Les caractères les plus marquants de cette plante se trouvent, à mon avis, dans son port, dans son inflorescence plutôt en forme de corymbe que de panicule, dans la dimension de ses capsules et même de ses graines, dans ses feuilles fréquemment arrondies à la base ou même un peu cordées, et à bords souvent recourbés, etc. —En comparant ces marques distinctives à celles du *C. Pahudiana*, qui, d'après quelques botanistes, n'en serait pas spécifiquement distinct, on conviendra, je pense, que ce dernier mérite d'être conservé.

27. *C. Pahudiana.* — Espèce découverte au Pérou par Hasskarl, cultivée en grand à Java, et dédiée par M. Howard au gouverneur général des Indes néerlandaises, M. Pahud. — « Je voudrais, dit-il, en terminant l'intéressante histoire qu'il en donne dans ses *Illustrations*, que cette espèce, au lieu de se montrer, comme je le crains, une source de désappointements pour le gouvernement hollandais, fût plus digne de porter le nom que je lui ai appliqué. » — Voilà, je crois, un jugement qui suffit pour donner une idée de ce que l'on doit attendre, d'après son auteur, du produit de ce *Cinchona*, au sujet duquel je renvoie, pour plus amples détails, à l'article cité.

28. *C. asperifolia.* — Je n'ajouterai rien, sur le compte de ce type, à ce que j'en ai dit dans mon *Histoire des Quinquinas.* Nous n'en connaissons pas encore les fleurs.

28 *bis. C. umbellulifera.* — Plante à affinités douteuses, ayant cependant des points de contact avec les espèces auprès desquelles je la place. Un de ses noms vulgaires (*Casc. provinciana fina*) rappelle celui de quelques formes du *C. micrantha.* Celui de *Casc. crespilla* ne lui est pas non plus particulier. L'écorce est argentée et à surface un peu verruqueuse ; mais elle ne présente d'ailleurs aucun caractère particulier qui permette de la distinguer, à première vue, de quelques sortes commerciales de nature analogue. D'après le docteur Vogl (*Die Chinarind.*, etc., p. 51), elle se rapprocherait anatomiquement, quand elle est jeune, de celle des *CC. glandulifera* et *Pahudiana*, et à un âge plus avancé, de celle des *CC. suberosa* et *conglomerata.*

29. *C. glandulifera.* — La disposition remarquable de l'inflorescence, dans ce *Cinchona,* jointe à quelques autres caractères, suffit pour le faire distinguer, dès le premier abord, de tous ses congénères, et pourrait bien faire présupposer l'existence dans son écorce de quelque caractère également exceptionnel. Les notions que nous possédons jusqu'ici ne nous permettent guère que des conjectures sur ce point. Il paraît, en tout cas, assez évident que l'assertion de Pœppig, relative à sa valeur commerciale, doit être regardée comme non avenue. La disparition du quinquina-glandulosa du marché européen est bien de nature, d'autre part, à faire douter de ses qualités utiles.

30. *C. Humboldtiana.* — Je conserve à cette plante, appelée vulgairement *Casc. peluda* (d'où le nom de *Cinch. villosa* qui lui a été appliqué également), les connexions que je lui ai données dans ma Monographie, tout en reconnaissant qu'elle n'est pas sans quelque affinité avec certains types de la souche *ovata.* L'écorce offre, en particulier, une structure anatomique et une constitution chimique qui pourraient la faire rapprocher du *C. pubescens* (How. in *Report*, etc., p. 210). C'est assez faire entendre que ce produit se range parmi les sortes de la qualité la

plus inférieure ; aussi M. Howard n'hésite-t-il pas à présenter l'espèce qui la fournit comme une de celles qui méritent à peine une place dans le genre *Cinchona*, et regrette-t-il qu'on l'ait choisie pour rappeler le nom de l'illustre voyageur et philosophe prussien. Ces caractères négatifs n'ont cependant pas empêché l'écorce en question d'acquérir une certaine réputation, et même de se vendre au prix des bons quinquinas ; et il paraît positif qu'elle n'a dû son prétendu mérite qu'aux Lichens qui le revêtent et qui lui donnent une apparence assez attrayante. On la recueille sur les montagnes du voisinage de Jaen, et c'est en raison de cette origine qu'elle a reçu en Allemagne les noms de *dunkel Jaen China* (Jaen foncé) et de « pseudo-Loxa ». Elle ne contient qu'une très-faible proportion d'alcaloïdes (0,2 à 0,75 pour 100, d'après M. Howard), consistant surtout en aricine.

30 *bis*. *C. Humboldtiana conglomerata*. — La figure qui représente ce *Cinchona* dans les ***Illustrations*** a été dessinée d'après un échantillon de l'herbier de Madrid, portant l'indication : « *Casc. colorada*, F. P., n. 590. An var. n. 589 » (c'est-à-dire : *C. Humboldtianæ*) « *C. conglomerata*. » Il ne paraît guère douteux, en effet, que cette plante ne constitue une simple variété botanique du *C. Humboldtiana*, ainsi que le suggère d'ailleurs M. G. Planchon, et comme permettait de le faire présumer sa provenance de la même localité. L'écorce de la variété contraste néanmoins, sous quelques rapports, ainsi que cela s'observe souvent, avec celle du type, et ne serait pas sans une certaine ressemblance avec le quinquina-Uritusinga. Elle ne se rencontre aujourd'hui que rarement dans le commerce ; mais, du temps de Pavon, il en était autrement, et on la classait alors parmi les « quinquinas rouges ». M. Howard lui trouverait toutefois plus de ressemblance, pour la couleur, avec les sortes dites « de Loxa ». Ce n'est d'ailleurs qu'avec doute qu'il lui rapporte un échantillon apporté par Joseph de Jussieu des environs de Loxa, portant également le nom vulgaire de *Casc. colorada* (1),

(1) Les échantillons de *Casc. colorada de Loxa* du commerce, que M. Howard a analysés, lui ont fourni 1,68 pour 100 d'alcaloïdes, consistant en quinidine de Pasteur, quinine et cinchonine.

et représenté comme ayant une grande efficacité en médecine.

Une petite portion de quinquina-conglomerata de la collection de Pavon, soumise à l'analyse, a donné à M. Howard une proportion considérable d'acide cinchotannique et des traces proportionnées d'alcaloïde. Sa structure anatomique rappelle celle du quinquina-micrantha.

31. *C. australis.* — Je n'ai rien appris de nouveau sur les caractères botaniques de cette espèce, qui offrent cependant encore des lacunes importantes. Sa connexion avec le *C. scrobiculata* se trouve confirmée par l'analyse d'un échantillon très-caractérisé de son écorce. D'après cette analyse, que je dois à l'obligeance de M. Howard, le produit en alcaloïdes se compose principalement de cinchonidine, et n'excède pas 0,74 pour 100 du poids de l'écorce.

32. *C. scrobiculata* (α et β). — Il existe encore en Allemagne une certaine confusion entre la plante publiée sous ce nom par Humboldt et Bonpland, et le *C. micrantha* Tafalla; confusion dont l'origine ne remonte pas, je pense, plus loin que la Flore médicale de Lindley. Il y a bien, en effet, ainsi que je l'ai dit dans ma Monographie, quelque ressemblance entre la forme des feuilles du *C. scrobiculata* type et celle d'une des variétés du *C. micrantha ;* mais, pour peu qu'on porte la comparaison plus loin, on ne rencontre guère, entre les deux plantes, que des dissemblances.

L'habitat assigné à leur espèce, par les premiers descripteurs, est la province de Jaen, dans le nord du Pérou, où elle forme, d'après eux, de grandes forêts. Les écorces que l'on y recueillait étaient envoyées de là, par le petit port de Piura, à Lima, où on les embarquait pour l'Europe. Il faut donc croire qu'il s'en est fait, à une certaine époque, un commerce assez considérable, et il n'est guère douteux que ce ne soit le quinquina qui porte, dans l'*Histoire des drogues*, le nom de « Loxa rouge marron », espèce que l'auteur de cet ouvrage a reconnue comme identique avec le quinquina-scrobiculata roulé, rapporté par moi des forêts de Cuzco. Quoi qu'il en soit, ce commerce a cessé depuis longtemps, et les seules écorces du

C. scrobiculata que l'on ait apportées du Pérou, dans ces derniers temps, sont celles qui ont été récoltées dans les forêts que je viens de nommer ; celles que MM. Delondre et Bouchardat ont figurées sous le nom de « quinquina rouge de Cuzco ».

Pereira affirme (*Mat. méd.*, p. 1627) que les écorces des deux formes que j'ai signalées diffèrent assez l'une de l'autre pour être décrites comme sortes distinctes; mais je dois dire que je n'ai rien vu, sur mes échantillons, qui confirmât cette assertion (1).

Toutes les analyses que j'ai sous les yeux se rapportent à des produits de Cuzco. Celles de MM. Delondre et Bouchardat donnent pour les grosses écorces : 0,40 de sulfate de quinine et 1,20 de sulfate de cinchonine pour 100 ; et pour les écorces roulées : 0,60 à 0,80 pour 100 de sulfate de cinchonine. Il n'y est nullement question, comme on voit, de quinidine, qui s'y trouve cependant constamment en proportion très-notable, ainsi que me l'a maintes fois (*in litt.*) affirmé M. Howard. Une analyse faite par cet habile chimiste sur des échantillons pris dans un lot de 30 surons vendus, en 1852, à Londres, comme quinquina-Calisaya, à un peu plus de 8 fr. la livre, a donné les résultats suivants : quinine, 0,44; quinidine, 0,63; cinchonine, 0,86; total : 1,93 d'alcaloïdes. L'écorce roulée joint à une saveur très-astringente une acidité caractéristique.

33. *C. peruviana.* — La création de cette espèce est due à M. Howard, qui a pu l'étudier sur de beaux matériaux rapportés par M. Pritchett, et qui l'a distinguée des *CC. nitida et micrantha*, avec lesquels elle avait été confondue auparavant. Ainsi qu'eux, elle habite les montagnes de Cochero (ou Cuchero), à peu de distance de Huanuco, et y porte, depuis longtemps, le nom de *Casc. pata de Gallinazo.*

La position que je donne au *C. peruviana*, auprès du *C. scrobiculata*, doit faire présumer que je lui reconnais une certaine

(1) Des deux sortes décrites par Pereira, l'une est rouge ; l'autre se rapprocherait assez du Calisaya, pour avoir mérité le nom de Calisaya du Pérou. Si, ce qui est fort probable, ces sortes sont le produit d'une même espèce, elles correspondent peut-être aux formes *macho* et *hembra*.

affinité avec cette espèce. M. Howard le regarde, d'autre part, comme intermédiaire, par quelques-uns de ses caractères, entre les plantes auxquelles je l'ai déjà comparé.

Au point de vue thérapeutique et commercial, le *C. peruviana* présente un double intérêt, car non-seulement il est la source du plus beau «quinquina gris» qui se rencontre, de nos jours, dans le commerce, mais ce produit a en outre une analogie frappante avec le Calisaya. — « La particularité la plus remarquable de cette écorce, dit M. Howard (*Illustr.* sub *C. peruviana*, p. 1), c'est la ressemblance qu'elle offre, extérieurement, avec le quinquina-Calisaya ; si bien que je ne connais aucun caractère sur lequel on puisse absolument compter, pour en distinguer quelques variétés. » — Il s'en faut qu'il en soit de même relativement à leur richesse en quinine ; car, autant le Calisaya est riche en cet alcaloïde, autant le quinquina-peruviana s'en montre dépourvu. Il me suffira de dire ici que son produit total, en alcaloïdes, forme environ 3 pour 100 de son poids, ce total étant principalement composé de cinchonidine (1) et de cinchonine.

Après ce qui a été dit plus haut, on ne sera pas surpris qu'à une époque où l'on avait rarement recours à l'analyse chimique, pour constater la valeur d'un quinquina, on ait souvent essayé de faire passer l'écorce qui nous occupe pour celles bien plus précieuses de la Bolivie. Aujourd'hui, par contre, ce n'est que fortuitement qu'on en rencontre chez les droguistes. MM. Delondre et Bouchardat l'ont représentée (*Quinol.*, pl. 4) sous le nom de « quinquina jaune de Guayaquil », et ils lui donnent comme produit : 6 grammes de sulfate de quinine et 10 grammes

(1) La cinchonidine, dont il est question ici, est celle de Wittstein et non de Pasteur. M. Howard dit (*l. c.*, p. 2, *in adnot.*), en parlant de ces deux produits : « La cinchonidine de Wittstein de Munich est un alcaloïde tout à fait distinct de celui de Pasteur. » Si cela était, il y aurait peut-être eu lieu de modifier l'un des noms. Mais l'opinion du savant que j'ai cité paraît avoir éprouvé quelque changement depuis la publication des *Illustrations*, car il m'écrit, en date du 10 février de cette année, que la cinchonidine de Wittstein n'est « probablement qu'une modification de la véritable cinchonidine de Pasteur ; modification qui peut s'effectuer sans difficulté par les procédés de fabrication. »

de sulfate de cinchonine. M. Howard fait observer, à ce suje (*loc. cit.*, p. 3), qu'il ne s'explique pas comment M. Delondre a pu trouver de la quinine dans ce quinquina, à moins toutefois que le sulfate de cinchonidine n'ait passé entre ses mains pour du sulfate de quinine.

34. *C. nitida.* — Cet arbre se rencontre à Huanuco, dans les mêmes forêts que les *CC. peruviana* et *micrantha ;* mais il y croît, suivant l'observation de M. Pritchett, à une élévation peu considérable, et il a eu, avec ces deux espèces, le privilége de fournir le marché pendant quelque temps de «quinquina gris». Ces écorces sont remarquables, comme on sait, par le nombre de lichens dont leur surface est ornée; caractère qui pourrait bien avoir valu au quinquina-nitida, en particulier, le nom de *Quina lustrosa,* sous lequel il est connu dans son pays natal. Le nom de *Quina cana* lui est donné également, mais il est appliqué aussi à d'autres écorces, caractérisées, comme lui, par le plus ou moins grand nombre de thalles argentés qui voilent leur périderme. C'est surtout quand celui-ci est humecté, que la coloration se prononce et que le quinquina-nitida semble mériter l'épithète qui lui a été appliquée. A l'état sec, son aspect très-rugueux rappelle tout à fait, selon M. Howard, celui du quinquina-Uritusinga.

L'analyse chimique explique pourquoi cette écorce a, comme ses sœurs, disparu du commerce; elle ne renferme guère que 2 pour 100 de cinchonine, et pas de trace de quinine.

35. *C. micrantha.* — Le classement des différentes formes de cette espèce offre quelques difficultés ; mais il me semble que mon savant ami M. Howard est peut-être allé un peu trop loin, lorsque, pour les résoudre, et sous la préoccupation des divergences qu'il avait constatées, au point de vue chimique, entre les écorces du *C. micrantha* de Huanuco et celles des formes boliviennes de la même espèce, il a proposé l'arrangement (1) donné dans le rapport du Congrès international de Londres

(1) M. Howard y propose de débaptiser le *C. micrantha* Tafal., en l'adjoignant, à titre de simple variété, au *C. peruviana*, et d'appliquer le nom spécifique de *micrantha* aux formes boliviennes.

(p. 205). Est-il, en effet, nécessaire d'établir une distinction plus marquée entre les plantes susnommées qu'entre les différentes variétés du *C. lancifolia*, chez lesquelles on constate des divergences tout à fait comparables à celles offertes par le *C. micrantha*.

36. *C. micrantha huanucensis* et *affinis*. — Le premier est la plante figurée dans les *Illustrations* de M. Howard, et, ainsi que je l'ai déjà dit, une des principales sources des « quinquinas gris » du commerce, et de ceux dits « de Huanuco ». Si l'on ne considère que les feuilles et les organes de la reproduction, il ne paraîtrait y avoir que des différences à peine perceptibles entre cette variété et celle qui est désignée par l'épithète *affinis*, mais les caractères physiques et chimiques de leurs écorces sont très-différents et suffisent pour motiver leur séparation comme variétés. Le quinquina-micrantha de Huanuco fournit, d'après M. Howard, un produit considérable en alcaloïdes, dont la cinchonine constitue de beaucoup la plus grande partie. Dans le quinquina-micrantha-affinis, au contraire, de même que dans la plupart des autres quinquinas de Bolivie, c'est la quinine qui prédomine. L'arbre de Huanuco porte le nom vulgaire de *Cascarilla provinciana blanquilla*, d'après Pœppig, auquel nous devons l'observation des deux sous-variétés distinguées par la couleur des fleurs.

37. *C. micrantha Reicheliana*. — Désignation proposée par M. Howard pour l'arbre qui fournirait, selon Pœppig, la meilleure qualité de « quinquina gris », celle nommée *Casc. provinciana negrilla* par les habitants du district de Huanuco. M. Howard nous apprend (*l. c.* sub *C. micrantha*, p. 2, *in adnot.*) que cette variété se distingue botaniquement du type par la forme de ses feuilles et la texture de son écorce. D'après une autre observation du même auteur, il y aurait quelque lieu de la considérer comme la forme *macho* du *C. micrantha huanucensis*. Peut-être serait-il plus logique, dans ce cas, de la constituer en sous-variété de cette forme, qu'en variété distincte. Il n'est pas impossible que l'une des variations de la couleur

des fleurs notées par Pœppig coïncide avec les autres caractères de la forme *Reicheliana*.

38. *C. micrantha calisayoides.* — Je regrette de ne pas avoir sous les yeux, au moment où j'écris, un échantillon de cette forme remarquable du *C. micrantha*, à laquelle il est également fait allusion à propos du *C. Calisaya pallida* (note 5). On aura, du reste, une idée suffisante de son importance par l'extrait suivant des *Illustrations* de M. Howard, et qui fait suite à celui déjà donné dans la note citée : — « Cette forme (du *C. micrantha*) aurait, en conséquence, le droit d'être regardée comme une variété du *C. Calisaya* autant que du *C. micrantha ;* et il se pourrait qu'il devînt nécessaire de la constituer en espèce distincte, surtout si, comme je le crois, elle est la source d'une espèce particulière d'écorce, dont il se fait une importation considérable de districts avoisinant la Bolivie. Mon échantillon de cette écorce, que j'avais étiqueté *C. micrantha*, était appelé par M. Guibourt *Calisaya blanca*. Il est aussi riche en quinine que le quinquina-Calisaya, et se vend en conséquence. » (*Loc. cit.*, Introd., p. 5.)

39. *C. micrantha rotundifolia.* — M. Howard fait, au sujet de cette plante, les remarques suivantes : — « L'écorce rapportée par le docteur Weddell, comme celle de sa variété *rotundifolia*, passerait, sans aucun doute, dans le commerce pour un « quinquina rouge bâtard (*spurious*). Ce que M. Weddell dit de la couleur rouge de sang que prend l'écorce, quand on la retire de l'arbre, est bien en rapport avec la quantité de rouge cinchonique qu'on y rencontre. Mais le contraste qu'elle présente avec les écorces péruviennes n'en est que plus frappant, la proportion d'acide cinchotannique que celles-ci contiennent étant très-faible. La consistance remarquablement membraneuse des feuilles d'un échantillon de la variété *rotundifolia* Wedd., en ma possession, pour ne pas dire la forme elle-même de ces organes, se rapporte bien à une variété de « quinquina rouge » qui m'a été envoyée récemment.... Quant à présent, je me contenterai de faire remarquer que, tandis que d'un côté les variétés du *C. micrantha* inclinent vers les quinquinas rouges du commerce, d'un

autre elles se rapprochent plus encore du Calisaya de la Bolivie. » (*Loc. cit.*, sub *C. micrantha*, p. 5.)

40. *C. Calisaya.*—Depuis la publication de cette espèce dans ma Monographie, quelques renseignements nouveaux sont venus s'ajouter à ceux que nous avions déjà sur son compte, et doivent trouver place ici. Les uns sont le résultat d'observations faites dans le cours de mon second voyage en Bolivie, en 1851 ; les autres sont dus aux voyageurs qui ont visité plus récemment les districts habités par ce type. Mais nonobstant ces additions à nos connaissances, il est présumable que certains points de l'histoire du *C. Calisaya* seront, pendant longtemps encore, entourés de quelque obscurité, aussi bien par suite des difficultés mêmes que présente leur étude qu'à cause du peu de confiance que l'on peut avoir dans les documents de source indigène, quand ils ne sont pas appuyés d'échantillons authentiques. Cette remarque est surtout applicable aux noms, une même désignation étant donnée quelquefois, dans des localités différentes, à des variétés ou même à des espèces très-dissemblables, et *vice versâ*. Ce que j'ai dit d'ailleurs sur la difficulté de caractériser les espèces du genre *Cinchona* d'une manière absolue trouve parfaitement son application ici, aucun des caractères diagnostiques du *C. Calisaya* n'étant tout à fait constant. Est-ce, par exemple, le port que l'on envisage? On a, en regard du *C. Calisaya* type, qui est un arbre de haute futaie, la race ou la sous-espèce *Josephiana*, dont la taille ne dépasse pas celle d'un arbuste. Vient-on à comparer les feuilles, dont la forme typique est un obovale-oblong très-obtus, on en trouve qui sont oblongues-lancéolées et aiguës, ou bien ovales ou même elliptiques, et de consistance et de couleur variables. Étudie-t-on enfin les fruits, typiquement petits et à contour ovale? Il y en a dont la grosseur atteint la moyenne, et dont la forme tend à devenir lancéolée. Mais il n'y a peut-être aucun caractère qui offre plus d'inconstance que celui tiré de la présence des scrobicules; et comme il arrive que ce sont, aussi souvent, des formes ou variétés riches en alcaloïdes qui en sont privées, on a, par cet exemple, la mesure de la confiance que mérite ce caractère, en tant

que significatif de telle ou telle constitution chimique de l'écorce.

Dans une communication à la Société botanique de France en 1855, j'ai mentionné des analyses, faites par M. Howard, de différentes variétés commerciales du Calisaya, montrant que le produit en sulfate de quinine peut osciller entre 1 1/2 et 6 pour 100 du poids de l'écorce (1). La quinidine et la cinchonine s'y rencontrent aussi, mais jamais en proportion considérable. Une observation de M. de Vrij, relative à la production de la dernière de ces bases, mérite d'être rappelée. Cet habile chimiste aurait constaté que l'écorce des Calisayas plantés à Java, au grand soleil, renferme une quantité notable de cinchonine, tandis que celle des arbres de même espèce plantés à l'ombre ne contient cet alcaloïde qu'en quantité à peine appréciable. La proportion de cinchonine signalée par MM. Delondre et Bouchardat dans le quinquina-Calisaya plat est de 0,6 à 0,8 pour 100, proportion trop forte de deux tiers selon M. Howard. Quant à la quinine, elle serait, d'après les mêmes auteurs, en proportion infiniment moindre (de près de moitié) dans les écorces roulées que dans les écorces plus âgées ; ce qui pourrait porter à croire que les premières n'étaient point exemptes de mélange, car les analyses de quinquina-Calisaya roulé et plat de source authentique fournissent généralement des résultats peu différents pour les deux sortes.

Une remarque curieuse, faite par M. Howard sur le quinquina-Calisaya-boliviana semble démontrer que la quantité de quinine amorphe (c'est-à-dire non cristallisable) qui s'y rencontre est en raison de l'âge de l'écorce. C'est ainsi que le *canuto* ne lui en a offert que quelques traces, le *charquesillo* une proportion notable, et la *tabla* une quantité bien plus forte ; ce qui n'empêchait pas que la somme totale des alcaloïdes cristallisables ne fût néanmoins plus grande dans les grosses écorces que dans les minces.

Comme plusieurs des formes du *C. Calisaya* portées sur mon

(1) Dans un ou deux cas, M. Howard a même vu le *Calisaya* fournir jusqu'à 7 et même 8 pour 100 de sulfate de quinine. (Vid. *Rep.*, etc., p. 199.)

tableau sont encore inédites, je vais faire précéder les remarques que j'ai à présenter sur chacune d'elles d'une courte phrase diagnostique, en commençant par celle que j'ai considérée comme typique.

41 *C. Calisaya vera.*— Arbor procera, sylvicola; foliis adultis obovato-oblongis, obtusis, basi attenuatis, submembranaceis, utrinque viridibus glaberrimisque, in axillis nervorum primariorum distincte scrobiculatis; capsula parva (8-12 millim. longa, 5-6 mill. lata), ovata v. elliptico-ovata, basi rotundata, apice vix attenuata.— *Hab.* in montibus convallium Boliviæ septentrionalis et prov. Carabayæ Peruvianorum australioris.

Subvar. *pubera*, foliis subvelutinis. — Hab. cum typo.

C'est dans la variété *α vera glabra* que la présence des scrobicules se remarque le plus constamment.

42. *C. Calisaya microcarpa* (vol. XI, tab. v), foliis oblongo-ovatis ellipticisve, obtusis, utrinque viridibus aut in pagina inferiore nonnihil purpurascentibus, subtus pubescentibus, scrobiculis prorsus deficientibus v. parcissimis; capsulis quam in typo minoribus (8-10 millim. circiter longis), cæterum similibus (1). — *Hab.* in montibus vallis Coroico, prov. Yungas Bolivianorum, ubi vernacule *Calisaya Zamba* et *Zambita* nuncupatur.

J'ai rapporté cette variété de *Calisaya*, en 1851, des montagnes qui s'élèvent au-dessus de la rivière de Coroïco, affluent du Mapiri, un des courants les plus importants du département de la Paz. Les cascarilleros du pays me l'ont signalée comme donnant une écorce supérieure en qualité à celles des autres variétés croissant dans les mêmes lieux, et j'avoue que j'ai été heureux de voir cette appréciation de l'homme des bois confirmée par M. Howard. C'est en effet d'une écorce reconnue par lui identique avec celle dont je viens de faire mention, que mon éminent ami a retiré la plus forte proportion de quinine qu'on

(1) *Explication des figures* (v. *supra*, t. XI) : Fig. 1, un des rameaux inférieurs d'une inflorescence fructifère ; — 2, feuille adulte (face inférieure) ; — 3, capsule ouverte ; — 4, graine. — *N. B.* Les deux premières figures représentent les objets de grandeur naturelle ; dans les deux dernières, au contraire, ils sont plus ou moins grossis.

eût encore trouvée dans un quinquina (1), c'est-à-dire environ le double de la quantité que MM. Delondre et Bouchardat indiquent comme rendement moyen du Calisaya. La nuance plus ou moins purpurine du dessous des feuilles donne à cette variété un caractère de ressemblance avec le *C. boliviana*. Ses jeunes feuilles me sont inconnues ; mais il paraît probable qu'elles doivent aussi avoir beaucoup d'analogie avec celles de la variété que je viens de nommer ; peut-être doit-on regarder, comme en donnant la représentation, la figure 2 de la planche qui accompagne l'article publié par M. Howard sur les Quinquinas rapportés de Bolivie par le négociant don Pedro Rada (2).

43. *C. Calisaya boliviana*, foliis (quam in typo sæpe majoribus) obovato-oblongis ellipticisve, obtusis, membranaceis, utrinque glabris, subtus plus minus purpurascentibus, scrobiculis omnino deficientibus v. rarissimis; capsula quam in var. præcedentibus majore (12-15 millim. longa), lanceolato-ovata, superne aliquantum attenuata. — *Hab.* in sylvis montium Boliviæ interioris, præsertim prov. Yungas, Caupolican et Muñecas, necnon in provinciæ Carabayæ Peruvianorum vallibus australioribus.

Subvar. *pubescens*, foliis subtus pubescentibus. — ***Hab.*** in montibus vallis Coroico Boliviæ. — Vernacule : *Cascarilla* s. *Quina morada*.

Si j'ai décrit jadis cette variété du *C. Calisaya* comme espèce distincte, c'est que j'y ai été conduit par une erreur restée inaperçue jusqu'ici, mais que je suis heureux d'avoir l'occasion de rectifier. J'avais pris pour un représentant du *C. boliviana* un échantillon provenant du nord de la province de Carabaya, et qui appartient en réalité à un type distinct du *C. Calisaya*, ainsi que je le dirai plus loin, en le décrivant sous le nom

(1) Voici les résultats de cette analyse, tels que je les ai donnés dans le *Bulletin de la Société botanique* (*loc. cit.*), d'après une lettre de M. Howard : Quinine cristallisée, 4,54 ; quinine amorphe, 0,14 ; cinchonine, 0,09 : total, 4,77 ; ou soit environ 6 pour 100 de sulfate de quinine. Ainsi qu'on a pu le voir dans les notes 5 et 40 (*in adnot.*), il s'est rencontré des écorces encore plus riches en quinine que celle-ci.

(2) *The Calisaya barks of Eastern Bolivia*, in *Journ. of Bot.*, Jan. 1, 1869.

de *C. elliptica*. C'est ce qui m'a fait dire (*Hist.*, p. 51), que le *C. boliviana* était une des sources des Calisayas légers du commerce, quand son écorce est tout aussi précieuse que celle du *C. Calisaya vera*, dont elle ne diffère que par quelques traits physiques d'assez mince importance. Les différences que je voyais alors dans l'étendue des habitat des deux variétés n'existant d'ailleurs plus, il y a de ce côté encore un motif de moins pour les séparer.

On sait que le nom vulgaire de *morada* (de *mora*, mûre) a été donné à cette plante à cause de la couleur purpurine de toute la face inférieure de la feuille. C'est surtout sur les jeunes feuilles que cette coloration est apparente. Les feuilles adultes, au contraire, sans perdre tout à fait cette nuance caractéristique, l'offrent, en tout cas, à un degré bien moins marqué. La distinction entre le *Calisaya vera* et le *boliviana* se fait surtout avec une extrême facilité sur les jeunes plantes, développées sous bois, à l'abri, par conséquent, de l'influence d'une trop grande lumière, du vent, etc. Les feuilles du premier ont alors la grandeur et la forme que je leur ai données dans la figure A de la planche III *bis* de ma Monographie, et leur couleur est d'un beau vert velouté en dessous, et d'un vert pâle, ou, plus rarement, un peu purpurine en dessous. Quelques-unes sont aussi marquées de taches accidentelles d'un rouge de sang. A part la couleur, qui est bien celle du *C. boliviana*, la figure 1 de la planche du *Journ. of Bot.*, citée plus haut, rappelle aussi, assez fidèlement, ces mêmes feuilles, tandis que la figure 2, non coloriée, de la même planche (*Calisaya negrilla* de Rada), dont j'ai déjà parlé en décrivant le *C. Cal. microcarpa*, pourrait fort bien être prise pour l'image d'une des feuilles du *C. boliviana*, telles que je les montre dans la figure A de la planche IX de mon ouvrage. Le rameau florifère que j'y ai fait figurer ne représente pas la plante typique, que je n'avais recueillie alors ni en fleurs ni en fruits; c'est sa forme frutescente dont il sera question plus loin. — La sous-variété *pubescens*, rapportée par moi des montagnes de Coroïco, y porte le même nom que la forme glabre, et n'en diffère que par le caractère signalé dans la diagnose.

44. *C. Calisaya oblongifolia*, foliis minoribus quam in typo, anguste oblongis, obtusis, utrinque viridibus, subtus pubescentibus, fere escrobiculatis; capsula ut in var. præcedente. — *Hab.* in prov. Yungas Boliviæ.

Cette plante provient des mêmes forêts que le *Calisaya microcarpa*, et a été, comme lui, un des fruits de mon second voyage en Amérique. Je lui avais d'abord donné le nom de *virens*, pour rappeler la désignation de *Calisaya verde*, qui lui est appliquée par les cascarilleros du pays, mais j'ai dû changer d'idée lorsque j'ai vu que ce nom n'était pas réservé à une seule forme, et paraissait même avoir été donné à des plantes d'espèces différentes. Ces plantes ne me sont connues, malheureusement, que par des caractères trop peu définis pour qu'il me soit possible d'en parler avec quelque certitude (1); je me borne donc, quant à présent, à appeler sur elle l'attention de ceux qui pourraient se trouver à même de faire des recherches à leur sujet.

45. *C. Calisaya pallida*, foliis magis ellipticis quam in typo, obtusissimis, tenuiter membranaceis, pallide viridibus, escrobi-

(1) Un de ces arbres est mentionné par M. Markham dans son voyage à la recherche des Quinquinas (*Travels in India and Peru*, p. 270). — « Gironda et Martinez m'ont assuré, dit-il, qu'il y a trois sortes de Calisayas : le *Calisaya fina* (*C. Calisaya α vera* Wedd.), le *Calisaya morada* (*C. boliviana* Wedd.) et le *Calisaya verde*. Ils ont ajouté que ce dernier était un très-grand arbre, à feuilles tout à fait dépourvues de couleur rouge sur les nervures, et croissant habituellement très au loin dans les vallées, ou presque dans la plaine. Un arbre de cette variété donne six ou sept cents livres d'écorce, tandis que le *Calisaya fina* n'en donne que trois ou quatre ; et Gironda a déclaré en avoir vu un, dans la province de Muñecas, en Bolivie, qui avait fourni mille livres de *tabla*, c'est-à-dire de l'écorce du tronc et des plus grosses branches. » — L'arbre signalé par M. Markham constitue-t-il une variété particulière, ou est-il le même que celui de la vallée de Coroïco? C'est là une question qui ne pourra guère être décidée sans matériaux qui en permettent la comparaison.

Il est fait mention d'un autre *Calisaya verde* dans l'article déjà cité que M. Howard a publié dans le *Journ. of Bot.* Il a été observé par don Pedro Rada, dans les forêts avoisinant le confluent des rivières Bopi et Beni, dans la province de Yungas, en Bolivie; mais une lettre de M. Howard, en date du 18 décembre dernier, m'apprend que l'écorce de l'arbre (seule pièce de source authentique qui lui ait été communiquée) ne lui a rien fourni à l'analyse qui pût lui donner droit à la dénomination légitime de *Calisaya*. Elle présentait d'ailleurs la plus grande analogie avec celle dont il sera question plus loin, comme produit du *C. elliptica*.

culatis; floribus quam in cæteris var., ut videtur, minoribus; paniculaque ipsa laxiore. — *Hab.* in valle Tipuani, provinciæ Larecaja Boliviæ, et verisimiliter in aliis locis. — Vulgo : *Calisaya blanca.*

N'était la considération de ses fruits, on prendrait volontiers cette plante pour une variété du *Cinchona micrantha*, à feuilles plus petites et plus étroites que dans le type .— Avons-nous affaire ici à une hybride, ou simplement à un de ces chaînons intermédiaires qu'on rencontre si souvent dans ce genre, pour relier entre eux les autres membres de la série ? — Jusqu'à plus ample informé, je pense que le plus sage est de s'arrêter à la seconde de ces hypothèses.

J'eus l'occasion de faire voir un échantillon de cette variété à M. Howard, lors d'un voyage qu'il fit à Paris, et voici ce qu'il en dit dans l'Introduction de ses *Illustrations* (p. 5) : — « Un échantillon d'une forme remarquable de *C. micrantha*, que me montra M. Weddell, et qu'il avait apporté de son second voyage en Bolivie, excita en particulier mon attention. Cet échantillon ayant été mis en regard d'un autre de *Calisaya blanca* (variété qui diffère également beaucoup du type de cette espèce), il était difficile de ne pas remarquer combien ils se rapprochaient... » — J'ajoute : par les feuilles.

46. **C. Josephiana.* — Frutex pratensis, foliis oblongo-vel ovato-lanceolatis, acutiusculis obtusisve, utrinque viridibus glaberrimisque, rigidulis, scrobiculatis aut escrobiculatis; capsula vulgo majore quam in *C. Calisaya* typica et haud raro ut in var. γ et δ ejusdem sursum plus minus attenuata. — *Hab.* in iisdem provinciis ac *C. Calisaya*, pratis montuosis.

Subvar. *pubescens*, foliis concoloribus, subtus pubescentibus, ut plurimum escrobiculatis. — *Hab.* cum typo.

Subvar. *discolor*, foliis latioribus, ovatis v. ovato-ellipticis, subtus purpurascentibus pubescentibusque, scrobiculis omnino deficientibus. — *Hab.* in pratis montuosis et fruticetis vallis Pelechuco, in Bolivia septentrionali.

La constance de la forme du *C. Calisaya* à laquelle j'ai

donné le nom de *Josephiana*, et en particulier son aptitude à se reproduire de semis, en conservant ses caractères (au moins pendant la première génération), m'ont engagé à la considérer plutôt comme une race ou une sous-espèce que comme une simple variété. M. Markham, qui l'a étudiée dans la province péruvienne de Carabaya, pense que les caractères qui l'éloignent du Calisaya type sont dus plutôt à la hauteur à laquelle elle croît qu'aux autres conditions auxquelles elle est soumise. Il est en effet peu douteux que cette cause n'ait sa part d'action; mais ce que j'ai dit ailleurs de la configuration générale de quelques-uns des districts où j'ai pu l'étudier, prouve au moins qu'elle n'agit pas seule.

Les graines du *C. Josephiana* étant infiniment plus faciles à trouver que celles de la race forestière du *C. Calisaya*, la rusticité de la forme frutescente étant d'ailleurs beaucoup plus grande, il paraît en être résulté non-seulement que c'est cette dernière qu'on a soumis tout d'abord à la culture (1), mais que c'est également sur elle qu'ont porté les premiers essais de multiplication. L'expérience démontrera au bout de combien de générations les caractères de race s'effaceront; mais en attendant, on agira sagement en choisissant les éléments de multiplication du *C. Calisaya* sur des types de meilleur aloi, et de donner la préférence au bouturage sur le semis, afin d'éviter les perturbations qui pourraient résulter de l'hybridation.

Je ne connais pas d'analyses de l'écorce du *C. Josephiana* plus récentes que celles que j'ai rapportées dans le *Bulletin de la Soc. bot. de Fr.* (vol. II, p. 150 et 509) : l'une de M. Howard, d'après laquelle ce quinquina contiendrait 1,60 pour 100 de quinine pure; l'autre, de M. Delondre, qui ne donne pour résultat que 0,80 pour 100 de sulfate de la même base.

La sous-variété *discolor* du *C. Josephiana* est la plante dont j'ai donné la figure dans la planche IX de ma Monographie, sous la lettre B, ne possédant alors aucun autre échantillon fleuri

(1) C'est du moins ce que semblent démontrer les échantillons de provenances indienne et javanaise que M. Howard et moi nous avons eu occasion d'examiner.

du *C. boliviana,* dont le *C. Josephiana discolor* est simplement la forme frutescente. Je ne l'ai pas vue ailleurs que dans la localité indiquée.

On a quelquefois recueilli et mis dans le commerce l'écorce des racines ou des parties souterraines du *C. Josephiana*, mais les analyses qui en ont été faites ne parlent pas en faveur de leur productivité en alcaloïdes utiles. On y rencontre, à la vérité, de la quinine, mais elle ne paraît pas être cristallisable, au moins à l'état de sulfate, et la cinchonine même n'y abonde point. Une analyse de M. Howard, qui m'a été communiquée en 1853, donne les proportions suivantes : Quinine amorphe et quinidine, 0,43 ; cinchonine, 0,29 : total, 0,72 pour 100 d'alcaloïdes. Une autre du même habile expérimentateur, communiquée récemment, accuse les résultats que voici : Oxalate de quinine, 0,30 ; hydriodate de quinidine, 0,23 : total, 0,53. M. Howard fait remarquer que la présence de la quinidine dans cette écorce est un fait curieux ; en effet, dans le Calisaya ordinaire la quinine ne se rencontre guère mêlée qu'à une petite quantité de cinchonine.

47. *C. elliptica.* — Arbor sylvicola ; foliis magnis, ellipticis, apice obtusissimis s. fere rotundatis, basi acutis et in petiolum gracilem breviter decurrentibus, membranaceis, utrinque glabris (an semper), supra obscure viridibus et subvelutino-lustrosis, pagina inferiore tota costaque et nervis primariis paginæ superioris purpurascentibus. — *Hab.* in montibus vallium P'hara et Ayapata (et verisimiliter convallium vicinorum) provinciæ Carabayæ Peruvianorum, ubi ab incolis *Cascarilla* s. *Quina verde morada* dicitur.

On a vu plus haut que j'avais confondu cette espèce, dans ma Monographie, avec le *C. boliviana;* c'est pour cela que j'ai assigné alors à ce dernier un habitat dans le nord de la province de Carabaya, où il ne se rencontre pas. La diagnose a été faite d'après le dessin colorié d'un échantillon vivant qui m'a été donné, en 1847, à Crucero, capitale de la province de Carabaya, par un cascarillero qui arrivait de la vallée d'Ayapata.

Ce qui donnait à cet échantillon une valeur toute particulière, c'est qu'il était accompagné d'un fragment d'écorce provenant du même arbre. J'ai dit comment je m'étais mépris tout d'abord sur son compte. Les termes de comparaison qui m'avaient manqué sont venus toutefois me faire soupçonner enfin mon erreur, et me démontrer ensuite que l'écorce donnée par le cascarillero d'Ayapata était semblable à celle qui a porté, plus souvent que toute autre, dans le commerce, le nom de « quinquina-Carabaya ». Afin qu'il ne restât aucun doute dans mon esprit à ce sujet j'en ai envoyé, tout récemment, un échantillon à M. Howard, qui m'a assuré de son identité. — « Cette écorce, dit-il (in *Rep.*, etc., p. 212), est bien représentée et décrite dans la *Quinologie* de Delondre, mais n'est plus aujourd'hui (1866) qu'une chose du passé. De 1847 à 1853 on en faisait une importation assez considérable, et elle a été, tant en Angleterre que sur le continent, une source assez productive de quinine. L'exploitation n'en fut pas moins une spéculation des plus désastreuses. Les cascarilleros s'étant engagés dans les districts habités par la tribu guerrière des Chunchos, des conflits s'ensuivirent et amenèrent la mort de cinquante à soixante individus, au nombre desquels se trouva un jeune Anglais, nommé Backhouse, qui était à la tête de l'expédition. L'affaire fut définitivement liquidée avec une perte d'environ 6000 livres sterling (150 000 francs). »

Le produit assigné par MM. Delondre et Bouchardat au quinquina-Carabaya plat, de l'épaisseur de 2 à 3 millimètres, est de 15 à 18 grammes de sulfate de quinine, et de 4 à 5 grammes de sulfate de cinchonine (1).

La longueur de la feuille adulte du *C. elliptica* est d'environ 30 centimètres, et sa largeur de 18 à 20 : proportions qui rapprochent assez leur forme de celle des mêmes organes dans le *C. micrantha*. Quant à la couleur du dessous du limbe, elle est exactement la même que dans les *CC. purpurea* et *purpurascens*, et dans le *C. boliviana*. La minceur du pétiole est assez carac-

(1) Voici le rendement du quinquina-Carabaya, d'après une analyse de M. Howard : Quinine, 1,43 ; quinidine, 0,21 ; quinine amorphe, 0,50 ; cinchonine, 0,34 ; cinchonine amorphe, 0,34 : total, 2,14.

téristique, et m'a décidé à rattacher ce type à la souche *Calisaya*, plutôt qu'à la souche *ovata*.

J'ai vu de nombreux échantillons de l'écorce de cet arbre, soit à Crucero, soit dans les villages voisins, ou à Aréquipa, et nulle part elle ne portait le nom qu'on lui applique en Europe (quinquina-Carabaya). Dans la province de Carabaya même elle était désignée sous le nom de *Cascarilla verde morada*.

48. *C. purpurea*. — Pœppig rapporte que ce *Cinchona* est un arbre de haute taille, dont les feuilles, grandes et nombreuses, sont couvertes, en dessous, de veines saillantes de couleur purpurine. La plante a acquis un intérêt tout particulier, depuis que l'on sait, par l'examen qu'a fait le docteur Reichel des échantillons rapportés par ce même voyageur, que son écorce est celle qui a été désignée sous le nom de quinquina-Huamilies du commerce; opinion confirmée par M. Howard, mais avec quelques restrictions. — Je transcris presque littéralement les extraits suivants des *Illustrations*, parce qu'ils donnent une idée assez exacte de l'incertitude qui plane encore sur ce point de la quinologie. On en déduira également les connexions qui peuvent exister entre le *C. purpurea* et les espèces qui s'en rapprochent. — « Je suis porté à croire, dit M. Howard, qu'il existe plusieurs formes plus ou moins liées à celle-ci, et qui ne nous sont pas toutes connues.... — Celles qui m'ont paru offrir le plus d'intérêt sont représentées par des échantillons recueillis par Lechler, en 1854, au voisinage de San-Govan (1). — L'un de ces derniers (n° 2342) est étiqueté : *C. purpurea* R. et P., Schldl. *Cascarilla morada* et *Zamba morada* incolarum. Un autre (n° 2347. *C. Lechleriana* Schldl. nov. sp. vel potius var. *C. purpurea* R. et P., *microcarpa* et *brevistyla* Schldl.) a tous les caractères extérieurs qui indiquent un quinquina de qualité supérieure, c'est-à-dire des capsules petites et

(1) Cette localité, dont le nom s'écrit aussi San-Gaban, est située à l'extrémité d'une des grandes vallées de Carabaya, au voisinage du rio Ynambari. Il y avait là, anciennement, une ville espagnole d'une certaine importance, qui a été, m'a-t-on dit, détruite de fond en comble par les Indiens; si bien que, aujourd'hui, on ne retrouve qu'avec difficulté des traces de son existence. (W.)

bien formées, des feuilles de texture délicate, etc. Il n'est pas improbable que ce *Cinchona* ne soit celui qui produit le meilleur quinquina-Carabaya, celui qui porte le nom de *Zamba morada* (pourpre foncé), tandis que le *Morada ordinaria* est peut-être tiré des *CC. rufinervis* et *erythroderma* Wedd. (1). En tout cas, le quinquina-Carabaya, surtout celui du district de Marcapata, ressemble tellement au quinquina-Huamilies, que j'ai de la peine à croire qu'il puisse y avoir une grande divergence entre les arbres qui les produisent. »

Un troisième échantillon de la collection de Lechler (n° 2413), étiqueté *C. pubescens* Vahl (*C. cordifolia* Mut. var. *pubescens* Hayne), Schldl., est, selon M. Howard, identique avec le *C. purpurea* de Ruiz et Pavon.

Je dois ajouter à ces détails que, n'ayant pas à ma disposition les échantillons de Lechler, pour en faire la comparaison avec mon *C. elliptica*, j'ai envoyé un croquis de la feuille de ce dernier à M. Howard, avec prière de le confronter avec eux, et j'en ai reçu la réponse suivante : — « Je n'ai que peu à ajouter à ce que j'ai déjà dit du *C. purpurea* dans mes *Illustrations*. J'ai examiné de nouveau ce *Morada fina*, en regard du *Zamba morada* de Hasskarl, et de votre dessin de la feuille du *C. elliptica*, et mon impression est, autant du moins qu'il m'est permis d'en juger sur des matériaux aussi incomplets, qu'ils sont très-voisins, mais non identiques. Il me semble que vous avez bien fait de rapprocher le *C. purpurea* du *C. elliptica*. Je pense que les formes signalées pourront être classées, soit sous l'un, soit sous l'autre de ces deux types. »

49. *C. rufinervis.* — Ce *Cinchona*, que j'ai décrit, en premier lieu, comme type distinct, et qui a été ensuite réuni, dans ma Monographie, au *C. ovata*, à titre de variété, reprend ici son rang d'espèce. Quelques années après mon retour d'Amérique, il a été revu et recueilli par M. Markham, dans les localités où je l'avais moi-même étudié; mais rien de nouveau ne s'est

(1) Ou, si l'on aime mieux, du *C. ovata* et d'autres variétés plus ou moins bien connues du même type. (Voyez ce que M. Howard dit des deux espèces citées dans la note suivante.)

ajouté, que je sache, à ce que nous savions déjà de ses caractères botaniques. Les lignes suivantes, empruntées à un travail de M. Howard (in *Rep.*, etc., p. 214), résument son opinion sur les relations de la plante avec le *C. ovata*. — « Les botanistes espagnols, dit-il, étaient portés à regarder leur *C. ovata* comme identique avec le *C. cordifolia* de Mutis. A mon sens, cette alliance est plus vraisemblable que celle qui consiste à rattacher à la première de ces plantes le *C. rufinervis* et le *C. erythroderma*. »

J'ai cru pendant assez longtemps, me fondant surtout sur un des noms vulgaires que le *C. rufinervis* porte au Pérou, que cette plante était la source du quinquina-Carabaya du commerce, mais il m'est bien prouvé aujourd'hui que je me trompais (voy. *C. elliptica*). J'ai indiqué, d'ailleurs, dans ma Monographie, qu'on recueillait surtout son écorce dans le but de la mêler au Calisaya, avec lequel il a non-seulement une assez grande ressemblance physique, mais également une grande analogie de constitution chimique. Aussi M. Howard me disait-il, il y a quelques années, en me parlant de ce quinquina, qu'il méritait, aussi bien que le *C. erythroderma*, la désignation que je lui avais appliquée de « pseudo-Calisaya », la richesse en quinine de ces écorces pouvant rivaliser avec celle de l'écorce si renommée de la Bolivie. C'est, comme on le voit, à juste titre que le quinquina-rufinervis a été classé parmi les Calisayas légers.

50. *C. succirubra*. — Grâce à Guibourt, à Klotzsch et à M. Howard, la lumière est aujourd'hui entièrement faite sur ce grand *desideratum* de la quinologie : l'origine du vrai « quinquina rouge » ; et, pour le moment, nous n'avons même pas besoin d'agiter la question de savoir quel est le nom auquel la loi de priorité de publication donnera définitivement le droit de préséance. Quoi que j'en aie dit, il ne me semble pas, en effet, encore suffisamment démontré que le *C. succirubra* et mon *C. erythroderma* soient une seule et même espèce, et il vaut mieux, je crois, attendre, pour donner à ce dernier le rang qu'il pourrait mériter, que nous ayons sur son compte des renseignements plus complets que ceux que j'ai pu recueillir.

La culture du *C. succirubra*, dans les colonies anglaises de l'Inde, a réussi au delà de toute espérance, et a déjà donné lieu à la constatation de faits d'un grand intérêt, surtout au point de vue des conditions qui sont de nature à favoriser la production des alcaloïdes ; mais c'est là un sujet que, malgré son importance, je ne puis aborder ici (1).

Il est difficile, quant à présent, de dire quelle est la part que la culture a pu avoir dans la production d'un certain nombre de formes plus ou moins éloignées du type, que M. Howard a cru pouvoir distinguer parmi les échantillons qu'il a reçus de l'Inde, et qui sont énumérées sous divers noms, dans l'article qu'il a publié dans le rapport déjà mentionné (*Rep.*, etc., p. 214).

Un des caractères les plus saillants du quinquina-succirubra, c'est la grande proportion d'acide cinchotannique, et, par suite, de rouge cinchonique, qu'il contient ou fournit à l'analyse, proportion égale, selon M. Howard, à 12 à 15 pour 100 du poids de l'écorce. Il produit d'ailleurs, comme on le sait assez généralement, une bien plus grande proportion d'alcaloïdes que la plupart des autres sortes de quinquinas. La somme de ce produit est égale à 3 à 4 pour 100 du poids de l'écorce, et se compose principalement de quinine, de cinchonine et de cinchonidine. L'échantillon qui a donné à M. Howard la plus forte proportion d'alcaloïde (3,91 pour 100) se faisait remarquer par la vivacité de sa couleur. Au contraire, dans certains autres échantillons, où la couleur était très-foncée, et où l'oxydation paraissait par conséquent avoir été portée beaucoup plus loin, la quinine et la cinchonine avaient presque disparu.

51. **C. erythroderma.* — J'ai dit dans ma Monographie que j'avais rencontré ce Cinchona sur les montagnes qui s'élèvent des rives du rio Vilcomayo, au nord du Cuzco, et dans les mêmes forêts que le *C. scrobiculata*, où, sans être rare, il ne paraît pas avoir reçu une désignation spéciale. Rien de plus facile, d'ail-

(1) Voyez, sur cette question, ma *Note sur la culture des Quinquinas*, dans le *Rapport du Congrès botanique*, tenu à Paris en 1867, et, en particulier, l'ouvrage de M. Howard, intitulé : *Quinology of the East Indian plantations*, où la note susdite se trouve reproduite.

leurs, que de le distinguer au milieu des autres espèces auxquelles il est associé, et je n'hésite pas à en recommander la recherche à ceux qui auront l'occasion de visiter la vallée de Santa-Ana. Son identification présenterait non-seulement de l'intérêt au point de vue botanique et géographique, mais pourrait même en offrir un assez grand pour le pays où il croît, à cause de sa richesse en alcaloïdes. Ce qui pourrait faire présumer que l'aire d'habitation du *C. succirubra* peut s'étendre, peut-être, jusqu'au point mentionné, c'est qu'on l'a déjà rencontré à quelque distance, au sud des forêts de Huaranda, lieu de sa première découverte. Il y a toutefois bien loin encore de Cuenca, site auquel j'ai fait allusion, aux vallées de Cuzco.

52. **C. rosulenta.* How. *in litt.*, foliis late ovatis v. subrotundo-ovatis, acutis, basi in petiolum attenuatis, supra sparse pilosis demumque glabratis nitidis, subtus pilosis escrobiculatis, costa venisque utrinque plus minus villoso-hirtellis, venis in utroque latere costæ 11-14 subparallelis cum costa angulum obtusum formantibus et in nervum marginalem abeuntibus; floribus pro genere mediocribus, in paniculam laxam dispositis, pedunculis pedicellis ovariisque rufo-villoso-tomentosis; dentibus calycinis ovatis, acuminatis; corolla calycem sextuplo superante, extus sericeo-tomentosa; capsula..... — *Hab.* in locis altis et frigidis, circa Velez, prov. Ocaña Novæ Granatæ (Purdie). Nomen vernaculum *Quina de la tierra fria*, teste inventore.

M. Howard établit cette espèce sur des échantillons faisant partie de la collection rapportée de la Nouvelle-Grenade par Purdie. Sur le sec, il est presque impossible, paraît-il, de la distinguer du *C. succirubra* autrement que par l'écorce. Celle-ci n'est pas rare dans le commerce, et diffère complétement du quinquina-lancifolia-rubra avec lequel elle se trouve confondue dans l'ouvrage de M. G. Planchon. C'est à elle que se rapporte ce qui y est dit par M. Rampon du « Quinquina à quinidine—Cinchona.... à spécifier botaniquement. » — Son rendement serait, selon cet observateur, de 1 1/2 à 2 pour 100 d'alcaloïdes, et son prix

de 3 à 4 francs par kilo. — Le nom de *C. rosulenta* lui est donné par M. Howard, pour rappeler celui de « quinquina Carthagène rosé », que son écorce a reçu de M. Ossian Henry, dès son apparition dans le commerce. C'est aussi sous ce dernier nom qu'elle est figurée par MM. Delondre et Bouchardat, qui lui donnent, comme produit, 1,80 de sulfate de quinine et 0,40 de sulfate de cinchonine pour 100 (1).

M. Howard m'assure que c'est de ce quinquina que Wittstein a obtenu la forme de cinchonidine qui porte son nom. (Voyez la note, page 32.)

53. *C. ovata.* — Si j'ai choisi ce type, de préférence à un autre, pour en appliquer le nom à la souche qui, au point de vue du nombre des formes qu'elle comporte, est une des plus importantes du genre, c'est que non-seulement il est un des mieux connus, mais que, sous bien des rapports, les autres types semblent réellement en dériver, les uns dans l'ordre remontant, les autres dans l'ordre descendant. J'ai déjà dit que ce groupe était l'équivalent de l'espèce *C. cordifolia* de Mutis. Je pourrais ajouter qu'il est peu d'auteurs parmi ceux qui ont écrit sur les Quinquinas, il y a une trentaine d'années ou plus, qui n'aient confondu spécifiquement les formes comprises dans deux ou plusieurs des subdivisions qui en constituent les rameaux. Quant à mes propres idées, on peut voir que, bien qu'ayant subi de profondes modifications, en ce qui concerne la valeur à attribuer aux noms employés pour désigner les formes, elles se sont beaucoup moins modifiées en ce qui touche à la relation de ces formes entre elles. C'est assez donner à entendre que, tout en distinguant trois rameaux à la souche *ovata*, je n'en regarde pas moins ces rameaux comme très-intimement liés et constituant une série continue. — Ces remarques auraient pu tout aussi bien être faites à l'égard de la souche *officinalis*, à laquelle elles s'appliquent en tous points.

Dans l'article *C. ovata* des *Illustrations*, ainsi que dans le

(1) Une analyse de cette écorce faite par M. Howard, et communiquée en janvier 1855, donne les résultats suivants : quinine, 0,26 ; quinidine, 1,45 ; cinchonine, 0,20 : total, 1,91.

chapitre *Pale barks of Peru* du Rapport du Congrès de Londres, M. Howard a émis, au sujet des diverses formes de ce type, quelques suggestions utiles, dont on verra que j'ai cherché à profiter. Je dois dire, toutefois, que je n'ai pu adopter, dans son entier, l'arrangement qu'il propose dans le dernier de ces articles, la nomenclature péchant trop évidemment contre les lois de priorité ; sur presque tous les autres points nos opinions s'accordent parfaitement.

54. *C. ovata genuina.* — Cette forme, figurée dans le *Flora Peruviana* et dans les *Illustrations* de M. Howard (1), est la source de l'écorce, nommée vulgairement *Pata de Gallareta* ; elle correspond d'ailleurs exactement à la plante recueillie par moi dans mon second voyage en Bolivie, et à laquelle j'avais appliqué provisoirement l'épithète de *macrocarpa*, pour la distinguer de ma variété *vulgaris*, dont les capsules sont plus petites d'un tiers ou de moitié.

Pour M. Howard, le *C. ovata genuina* serait plus voisin du *C. cordifolia* de ma Monographie que de mon *C. ovata vulgaris*, et il se fonde, pour établir cette opinion, sur la comparaison de sa plante avec un échantillon que je lui ai communiqué sous le nom de *C. cordifolia*. Il me paraît cependant qu'il eût été plus sûr de s'appuyer, de préférence, sur la figure que j'ai donnée de cette plante dans l'ouvrage cité. Quant à moi, qui ai vu les plantes vivantes, je dois dire que tout en reconnaissant qu'il existe une parenté incontestable, je serais tenté de rechercher leurs connexions immédiates dans une direction un peu différente.

L'écorce du *Pata de Gallareta* ne se voit, selon M. Howard, qu'accidentellement dans le commerce, et offre tous les caractères d'un quinquina de qualité inférieure. L'échantillon typique de Pavon ne donne pas de sublimé carminé par la chaleur, de

(1) La couleur donnée aux fleurs, dans la figure citée du dernier de ces ouvrages, ne me paraît pas pouvoir être conforme à la nature. Je ne pense pas, en effet, qu'il existe, dans le genre *Cinchona*, une seule espèce à corolles de couleur violacée. L'artiste aurait, selon moi, agi bien plus sagement en donnant aux fleurs du *C. ovata* la teinte qu'il a donnée à celles du *C. succirubra*.

sorte qu'il ne contient probablement que peu ou point d'acide cinchotannique. L'analyse d'un échantillon commercial, communiquée par M. Howard, en février 1854, a accusé le rendement suivant : quinidine ou cinchovatine, 1,06; cinchonine, 0,08.

55. *C. ovata vulgaris.* — C'est à tort, comme on l'a vu, que j'ai présenté cette variété comme le type de l'espèce, ayant été abusé par sa plus grande fréquence, dans les districts que j'ai parcourus, et où il porte le nom de *Casc. morada*, et plus souvent encore celui de *Casc. morada ordinaria.* — M. Howard fait mention de son écorce dans son ouvrage intitulé : *Examination of Pavon's collection*, etc. (p. 29), sous le nom de « *hard coated variety* », et il résulterait d'une analyse que je dois à l'obligeance de cet habile chimiste, qu'elle contiendrait de 2 à 2 1/2 pour 100 de quinidine.

56. *C. ovata pallescens.* — Cette variété est représentée dans l'herbier royal de Madrid par un échantillon à feuilles aussi en cœur à la base que celles du *C. cordifolia* de ma Monographie, et pourrait être regardée, selon M. Howard, comme intermédiaire entre le *C. ovata* type et ma plante. Elle a été rapportée aussi du Pérou par Hasskarl, sous le nom de *Crespilla grande* (1).

57. *C. palalba.* — C'est avec quelque hésitation que je place ici cette plante sur les caractères botaniques de laquelle il me reste encore quelques doutes. Ce qui a contribué à m'y déterminer, ç'a été la constatation faite par M. Howard de son identité avec une des variétés du *C. cordifolia* (2), de la Quinologie de Mutis (in Markham, *l. c.*, p. 30, *in adnot.*). Son écorce, désignée sous le nom de « quinquina blanc de Lima » par Guibourt,

(1) Peut-être y aurait-il lieu de mentionner, à la suite de ces variétés, la plante portée dans la collection de Pavon sous le nom de *Casc. serrana de Huaranda de Loxa*, et à l'écorce de laquelle M. Howard applique (*Exam.* etc., p. 29) la désignation de « *mammellated variety* » (du *Q. ovata*). Dans le tableau général inséré plus loin, dans le même ouvrage, il la rapporte au *Cinch. rubicunda* Taf.

(2) *C. cordifolia* var. δ, Mutis, *loc. cit.*, foliis oblongis, superioribus cordatis, villo denso fulvo tectis; corolla rosea. — Hab. in Loxa et Popayan. Vulgo, in Loxa : *Casc. hoja de Zambo*, et in Popayan : *Requeson colorado* F. C.

offre, en commun avec celle du *C. ovata*, le défaut d'être de qualité très-inférieure. Ses caractères physiques lui donnent, d'autre part, une ressemblance très-marquée avec celle des espèces du rameau *macrocalyx*, de la souche *officinalis*. Son nom spécifique, qui a souvent été écrit, par erreur, *pelalba*, dérive évidemment du nom vulgaire : *Palo blanco* (tronc blanc), qui lui est appliqué à cause de la blancheur des couches extérieures, subéreuses, de son écorce. Un autre nom vulgaire (*Casc. hoja de Zambo*) lui vient de la ressemblance que l'on aurait trouvée entre ses feuilles et celles du Cognassier.

58. *C. cordifolia.* — De même que la plupart des autres formes dépendant de la souche *ovata*, celle-ci est difficile à bien circonscrire, et, après avoir lu la diagnose que Mutis donne de son type, dans sa Quinologie (in Markham, *l. c.*, p. 27), il m'a paru que les idées de l'auteur de l'espèce n'étaient guère mieux arrêtées, à son sujet, que celles de ses successeurs. Il suffit de parcourir sa synonymie pour en être convaincu (1). Quant à la diagnose en elle-même, je me bornerai à constater que Mutis, loin de décrire toutes les feuilles de l'arbre comme étant en cœur, n'accorde cette forme qu'aux premières développées. — « Folia seniora ovalia v. ovata, leviter acuta, paulo decurrentia, juniora constantissime cordata. » — On peut, je pense, conclure de ceci, que la belle figure donnée par M. le docteur Karsten, du *C. cordifolia*, dans sa *Flore de la Colombie*, et reproduite sur une petite échelle par M. Markham (*l. c.*), ne doit pas être regardée comme une représentation de la forme la plus ordinaire du type mutisien. La phrase diagnostique publiée par Humboldt, d'après Mutis, est bien plus serrée : — « C. foliis orbiculato-ovatis sæpe subcordatis » (2), et s'applique mieux

(1) En première ligne, parmi les synonymes, se trouve : *C. officinalis* Linn., *Sp. pl.*; puis, successivement, les *CC. ovata* (*Casc. palido* Ruiz, *Quinol.*) et *hirsuta* (*Casc. delgada* Ruiz, *loc. cit.*) *Fl. peruv.*

(2) Les feuilles cordées, ajoute M. de Humboldt, sont rares ; cependant il y en a sur toutes les branches.

Le même savant dit, plus loin, que Bonpland regarde le *C. cordifolia* comme identique avec le *C. pubescens* de Vahl, et que cette identité est démontrée par l'examen

à l'image de la plante présentée par M. Karsten. La diagnose donnée dans le texte de l'ouvrage cité tient, d'autre part, le milieu entre les deux précédents, et il me semble que, pour le moment, on ne peut mieux faire que de s'y tenir.

Les caractères essentiels du *C. cordifolia* Mut. peuvent se résumer en peu de mots : — Feuilles subcordées ou largement ovales, longues de 15 à 25 centimètres ; capsules lancéolées, ne dépassant pas 20 à 25 millimètres ; liber à fibres médiocrement développées, à fracture fibreuse.

Du temps de Mutis, la plante portait, dans la Nouvelle-Grenade, le nom de *Quina amarilla terciopelo*, la désignation de *terciopelo* (velours) lui étant sans doute appliquée à cause de la pubescence des feuilles. — Ce serait, selon M. Karsten, un arbre dont la taille moyenne serait d'environ 8 mètres, et qui, à l'opposé de ce qui s'observe pour le *C. lancifolia*, se rencontrerait surtout dans les régions cultivées des Andes et à proximité des lieux habités.

L'écorce connue sous le nom de « quinquina jaune de Mutis » n'est plus recueillie, depuis longtemps, pour les besoins du commerce, son contenu en alcaloïdes et, par suite, ses vertus thérapeutiques étant assez faibles. La planche (pl. 16) qui la représente dans la *Quinologie* de MM. Delondre et Bouchardat n'est pas au nombre de leurs meilleures (1), et quant au rendement (12-14 grammes sulf. de quinine et 5-6 grammes sulf. de cinchonine) que ces auteurs lui attribuent, il mérite la critique déjà appliquée dans plusieurs autres cas, où la quinidine se trouve également présentée comme quinine.

Bien que M. Karsten ne décrive aucune variété de cette espèce, comme habitant les mêmes localités, il en existe évidemment, et parmi elles doivent peut-être être comptées les formes que

de l'herbier de Jussieu, dont Vahl avait reçu son échantillon, recueilli, paraît-il, par Joseph de Jussieu, dans les forêts de Loxa. Cette opinion, comme on peut le remarquer, corrobore encore ce que j'ai eu occasion de dire plus haut sur le peu de notions précises que nous possédons au sujet des connexions de cette plante. (Conf. *ad adnot.*)

(1) Le quinquina représenté dans cette planche est placé, par M. G. Planchon (*loc. cit.*, p. 97), parmi les produits du *C. lancifolia*.

M. Howard (*Exam.*, etc., p. 27, et *Illustr.* sub *C. ovata*, etc.) signale, d'après M. Restrepo, de Bogota ; mais il n'est guère possible de décider, d'après ce qui en est dit (1), quelle relation elles ont avec le type. — Les formes suivantes peuvent être regardées comme sous-espèces ou races du type mutisien.

59. **C. lutea*. — A n'en juger que par son aspect général, on aurait de la peine à distinguer ce *Cinchona* du *C. cordifolia* de Bogota ; mais la constitution de son écorce, en l'absence même d'autres caractères, autoriserait sa séparation. Un des caractères les plus marquants de cette écorce, c'est la prédominance dans son tissu d'une matière colorante jaune particulière, qui se rencontre également dans plusieurs autres formes de la souche *ovata*, et qui annonce généralement un produit de qualité très-inférieure (2) ; la particularité en question s'accompagnant d'ailleurs, le plus souvent, d'une structure anatomique qui assimile ces écorces à celles du genre *Buena*.

Le *C. lutea* est la source du quinquina que les Allemands ont appelé *helle Jaen China* (quinq. Jaen pâle), dont Manzini a retiré sa cinchovatine (3). Du temps de Pavon, cette écorce portait le nom de *quina de Chito y Ynta*, parce qu'elle se recueillait dans ces deux localités distantes entre elles d'une centaine de lieues. Or, M. Howard a cru remarquer que l'écorce récoltée le plus au nord, c'est-à-dire le plus près de la région du *C. cordifolia*, présentait une structure anatomique analogue à celle de l'écorce mutisienne, tandis que celle provenant de la

(1) Dans l'une de ces formes, les fruits sont dits « longs et jaunes » ; et dans l'autre, « plus petits et de couleur noire ».

(2) Cette matière prend habituellement la place de l'acide cinchotannique, dans les quinquinas à base d'aricine. L'exposition à la lumière lui donne une belle couleur orange, tandis que l'acide cinchotannique passe, dans la même influence, au rouge cinchonique.

Je puis faire remarquer ici, avec M. Howard, que ce sont les quinquinas qui renferment en abondance la matière dont il vient d'être question, auxquels on aurait surtout dû appliquer le nom de « quinquinas jaunes », et Pavon a été bien inspiré en donnant à la plante qui nous occupe l'épithète de *lutea*.

(3) Manzini, croyant opérer sur le *Cinch. ovata*, a tiré de là le nom de la substance qu'il supposait y avoir découverte.

localité située plus au sud, se rapprochait au même point de vue de l'écorce du *C. pubescens*, et il s'est demandé si ce fait n'avait pas une signification particulière. — C'est, je pense, une question que des observations répétées pourraient seules résoudre convenablement.

60. **C. platyphylla*. — Dans ma Monographie, j'ai considéré cette plante comme identique avec le *C. cordifolia* de Bogota; mais il m'est aujourd'hui bien prouvé qu'elle mérite d'en être distinguée. D'après M. Karsten, on pourrait la regarder, soit comme une espèce distincte, soit comme une variété *peruviana* du *C. cordifolia*, tandis que pour M. Howard elle aurait autant de droit à être rangée sous le *C. ovata*, à titre de variété *cordata*. L'une et l'autre de ces épithètes faisant double emploi, comme noms spécifiques, je lui ai appliqué celle donnée plus haut, afin de rappeler celui de ses caractères qui, joint au développement de ses capsules, la fera le plus facilement distinguer du type néo-grenadin. Un autre caractère plus intéressant pour le quinologiste se rencontre dans l'écorce, qui, par sa structure anatomique, et même par sa physionomie extérieure, se rapproche beaucoup de celle du *C. Pelletieriana*. Je puis rappeler, en passant, qu'une des conséquences de cette structure est l'apparence particulière qu'elle communique à la surface fracturée, et que j'ai désignée par l'épithète *ligneuse*. — Un caractère qui permet de distinguer l'écorce du *C. platyphylla* de celle des différentes formes du *C. ovata*, tant sur la plante vivante que sur le sec, c'est l'adhérence intime du périderme avec le derme, particularité qui rapproche encore davantage cette écorce de celle du *C. Pelletieriana*. Je ferai observer, toutefois, que le dernier de ces produits semble être plus abondamment pourvu de matière colorante jaune.

61. **C. subcordata*. — Vulgairement *Casc. pata de Gallinazo*. Source du « quinquina de Loxa cendré, A », de Guibourt (*Ash bark* des Anglais), écorce contenant environ 2 pour 100 d'alcaloïdes, en particulier de la cinchonine.

62. **C. rotundifolia*. — Nous ne savons rien de positif relativement à l'écorce de cette plante, très-voisine, sans doute, du

C. subcordata, et à laquelle Pereira et M. Howard (*Exam.*, etc., p. 27), ont attribué, dans un temps, l'origine du « quinquina de Loxa cendré, B », de Guibourt (*Ashy crown bark* des Anglais), qui a été reconnu depuis provenir du *C. macrocalyx*, « *con hojas redondas* » (How., *Illustr.*).

63. *C. Tucujensis.* — Ce Cinchona habite les montagnes de Merida, dans le Venezuela, et M. le docteur Karsten s'est assuré qu'il était la source de l'écorce connue sous le nom de «quinquina de Maracaybo», dont il a été exporté d'assez grandes quantités vers l'année 1840. C'est un arbre de 8 à 10 mètres, qui se plaît sur la lisière des bois, et qui s'avance avec le *C. cordifolia*, son proche parent, plus vers le nord qu'aucune autre espèce du genre. M. Karsten paraît l'avoir regardé (*Med. Chin.*, p. 38) comme très-voisin du *C. purpurea ;* mais M. Howard ne partage pas cette manière de voir, tant à cause de la grande différence qui s'observe entre les écorces qu'à cause de son port, qu'il a pu étudier sur un échantillon vivant dans ses serres, et dont l'aspect indiquerait, selon cet observateur, une organisation bien plus vulgaire.

Delondre et Bouchardat ont figuré le « quinquina de Maracaybo », dans leur *Quinologie* (pl. 18), et lui attribuent, comme rendement, 0,3 à 0,4 pour 100 de sulfate de quinine, et 1,0 pour 100 de sulfate de cinchonine. M. Howard dit, de son côté (in *Rep.*, p. 220), qu'il y a parfois rencontré, contre toute supposition *à priori*, une proportion notable de quinine. Pereira et M. G. Planchon le rapportent au *C. cordifolia*.

64. *C. pubescens* Vahl. et *C. Pelletieriana.* — « Il paraîtrait, dit M. Howard dans ses *Illustrations*, que le *C. pubescens* a été regardé tout d'abord comme une variété du *C. purpurea*, ou même comme lui étant identique ; mais il est probable que Ruiz et Pavon ne le connaissaient qu'imparfaitement, et il est à peine représenté dans l'herbier de ce dernier. » — Ces mots expriment, si je ne m'abuse, aussi bien l'état actuel de nos connaissances sur la plante de Vahl que celles des botanistes qui

(1) Voyez, au sujet de ce nom vulgaire, la note sur le *C. coccinea*.

nous ont précédés. En réalité, ni les auteurs du *Flora Peruviana*, ni ceux qui sont venus après eux, n'ont su au juste ce que c'était, et l'on est tout aussi bien fondé, d'après l'inspection de la figure originale, à la regarder comme étant identique avec le *C. ovata* ou le *C. purpurea*, ou le *C. Pelletieriana* (1), que comme un type distinct. Quant à moi, je n'ai aucun doute qu'elle ne fasse double emploi avec quelqu'une des plantes que j'ai citées, et j'avoue que je ne me suis jamais expliqué comment on a pu soutenir, sans preuves meilleures que celles qui ont été produites, que le *C. pubescens* de Vahl et mon *C. Pelletieriana* n'étaient pas une seule et même espèce. Toujours est-il que mon ami M. Howard, admettant avec moi que le *C. Pelletieriana* est la source du quinquina dont Pelletier a retiré l'*aricine* (2), et que Delondre et Bouchardat ont figuré (*Quinol.*, pl. 19) sous le nom de « quinquina jaune de Cuzco », croit devoir attribuer le « quinquina brun du Cuzco » des mêmes auteurs au *C. pubescens* Vahl (3). Je ne vois, pour ma part,

(1) Ou même avec tout autre *Cinchona* à feuilles ovales et à limbe plus ou moins ample et décurrent sur le pétiole.

(2) Malgré les doutes exprimés sur l'existence de l'*aricine*, notamment dans les ouvrages de Guibourt et de Pereira, il paraît constant, aujourd'hui, que cette substance existe bien réellement dans les écorces où on l'a signalée. C'est ainsi que M. Howard m'écrivait, dès 1852, qu'il regardait cette substance comme totalement différente des alcaloïdes antérieurement connus des Quinquinas, mais qu'elle avait une grande analogie avec la *paracine* que Winckler avait retirée du *Dunkle Jaen China*, produit du *C. macrocalyx*. Winckler a démontré, de son côté, que la *cinchovatine*, extraite par Manzini du quinquina-lutea, ne différait aucunement de l'*aricine*. Le sulfate d'aricine se présente sous deux formes bien distinctes : l'une cristallisée, l'autre albumineuse ; formes qui, dans certaines conditions, sont susceptibles de se convertir l'une dans l'autre.

D'après une communication toute récente de M. Howard (février 1870), l'aricine, la cusconine et la cinchovatine seraient des modifications d'un seul et même corps, l'aricine, sous la forme cristalline, étant le seul des trois qui, par sa stabilité, puisse prêter à la description. Quant à la paracine, il incline à croire qu'elle résulte d'une sorte d'oxygénation (?) de l'aricine, et qu'il y aurait, entre elle et le produit cristallisé, la même relation qu'entre la quinoïdine et la quinine.

(3) Voici comment M. Howard s'explique sur ce point (*loc. cit.*, p. 2) : « Pour la description complète de cette écorce je dois renvoyer à l'ouvrage de Pereira, en faisant remarquer qu'il la confond un peu trop avec celle du *C. Pelletieriana*, sorte très-distincte par sa constitution chimique. MM. Delondre et Bouchardat ont mieux fait,

aucun inconvénient à accepter cet arrangement, mais, bien entendu, sous les réserves faites plus haut (1).

65. **C. obovata.* — Recueillie d'abord par Pavon, dans le district de Huanuco, cette plante a été ensuite retrouvée dans les mêmes localités par Pœppig et Pritchett. C'est à tort, paraît-il, qu'on lui attribue, comme synonyme, le nom vulgaire de *Cascarilla con hoja de olivo*, dont l'écorce aurait une valeur thérapeutique réelle, tandis que le quinquina-obovata se rapprocherait beaucoup, par sa constitution chimique du quinquina-pubescens, dont je le rapproche avec M. Howard. Ce chimiste en a obtenu non-seulement la matière résineuse d'un jaune intense, qui caractérise également les produits voisins, mais aussi de l'acide kinovique et une notable proportion d'aricine, formant, à l'état de sulfate, la gelée tremblotante qui remplace dans certaines circonstances la cristallisation de cet alcaloïde. M. Pritchett a rapporté de la même localité un échantillon de *C. ovata* Pav., avec l'écorce correspondante dont on obtient le produit analogue, mais moins bien défini, connu sous le nom de *paracine*.

66. **C. viridiflora.* — Son écorce se trouve, selon M. Howard,

dans leur *Quinologie*, de les classer séparément, sous les noms de « quinquina jaune » et « quinquina brun de Cuzco ». Le premier est l'écorce du *C. Pelletieriana*, dans lequel ils ont rencontré le produit caractéristique d'aricine ; le second est « notre » *C. pubescens*, dont ils disent avoir retiré 40 centigrammes de sulfate de quinine par kilo d'écorce. Les résultats que j'ai obtenus d'essais faits sur de petites quantités de matières ont été à peu près semblables, mais la quinine était impure. » — J'ai fait ressortir le mot *notre*, du paragraphe des *Illustrations*, pour faire comprendre que cette opinion appartient bien à l'auteur, quoique, cependant, il dise encore un peu plus loin : « Selon M. Delondre, le *C. pubescens* se trouve dans les forêts de Cuzco, toujours mêlé au *C. Pelletieriana*. » — Je crois en effet pouvoir affirmer que M. Delondre n'avait aucune opinion arrêtée sur ce sujet. Il a simplement dit que les *écorces* étaient mélangées ; et la rédaction de son paragraphe sur le « quinquina jaune de Cuzco » donnerait plutôt à penser qu'il attribue cette sorte au *C. pubescens*.

(1) M. Markham a décrit, comme var. *Huinapu* du *C. pubescens*, une Cinchonée qu'il a observée dans une des vallées de la province de Carabaya, mais il ne me semble nullement prouvé que la plante en question soit un *Cinchona*. J'ai vu l'arbre dont parle M. Markham, et dans la même localité, et, quoiqu'il fût alors sans fleurs ni fruits, je ne doutai guère qu'il ne dût être rapporté, soit au *Buena magnifolia*, soit à quelque espèce voisine du même genre. (Conf. ad How. in *Rep.*, etc., p. 212.)

dans la collection de Pavon (1), et se rencontre aussi accidentellement dans les lots de quinquina de Loxa. Elle ne semble cependant avoir aucun droit d'être considérée comme utile en médecine. Le docteur Vogl ne la croit pas distincte de celle du *C. Pelletieriana* (*Die Chinarinden d. Wiener Grosshandels*, etc., p. 86), et l'examen de la figure des feuilles de l'arbre, que M. Howard a fait dessiner d'après l'échantillon pavonien de l'herbier royal de Madrid, et qu'il a bien voulu m'envoyer, confirme bien ce rapprochement.

67. *C. purpurascens.* — Ce Cinchona, dont je n'ai rencontré que de petits individus, sans fleurs ni fruits, habite la province bolivienne d'Enquisivi, au sud-est de la Paz, et peut-être aussi celle de Mojos. Ses feuilles sont peut-être plus grandes que dans aucune espèce du genre, et se font remarquer comme celles du *C. purpurea*, par la couleur purpurine de leur face inférieure. Les insectes paraissent en être extrêmement friands.

68. **C. decurrentifolia.* — Ce n'est que très-rarement que l'écorce de ce *Cinchona* se montre dans le commerce. Elle se fait remarquer par son périderme d'un blanc verdâtre ou couleur de rouille, d'où lui est venu peut-être le nom vulgaire de *Casc. crespilla ahumada* (enfumée). Sa ressemblance avec l'écorce de mon *C. purpurascens*, aussi bien que quelques autres analogies importantes, a fait dire (How., *Illustr.*) que la plante ne différait pas spécifiquement de celle que je viens de nommer, et c'est ce qui a motivé le rapprochement que j'en ai fait sur mon tableau.

M. Howard rapporte au *C. decurrentifolia* ou au *C. pubescens* l'origine du « quinquina blanc de Loxa », de Guibourt. Rien ne prouve d'ailleurs que ce dernier ne puisse avoir une double ou même une triple origine. Au Pérou, il porte le nom de *Quina blanca*. Sa structure anatomique offre de grands rapports avec celle du quinquina-Pelletieriana.

69. *C. Chomeliana.* — J'ai rapproché cette plante, dans ma

(1) Elle se trouve mentionnée dans l'intéressant travail que M. Howard a publié sur cette collection, en 1853 : n° **1 (p. 46). *C. viridiflora* « sp. nov. del Peru, inedita ». M. Howard l'y classe parmi les « faux ? quinquinas, d'origine inconnue ».

Monographie, du *C. ovata*, à laquelle elle s'assimile par une certaine rigidité de port et par la consistance des feuilles; mais le grand développement des capsules, caractère qui dénote généralement un degré inférieur d'organisation, m'a décidé à la classer ici sous le *C. pubescens*.

70. *C.? Barbacoensis.* — Cette espèce, dont je n'ai vu que la figure, a été trouvée par MM. Karsten et Triana à une altitude bien inférieure à celle où croissent habituellement les vrais Quinquinas (1), auxquels je dois dire que je ne l'associe qu'avec hésitation. La position que je lui donne, à la suite de mon *C. Chomeliana*, est celle indiquée par M. Karsten. Un de ses caractères les plus marquants, qu'elle possède en commun avec la plante bolivienne et avec bon nombre de *Buena*, se trouve dans la longueur de ses capsules, qui atteint 6 à 8 centimètres (2).

(1) M. Triana l'a observée à Barbacoas, à 115 mètres au-dessus du niveau de la mer.

(2) L'éloignement où je me suis trouvé de Paris, pendant la rédaction de ces notes, m'a empêché de recevoir communication, en temps utile, d'un travail récent de M. Miquel (*De Cinchonæ speciebus quibusdam, adjectis iis quæ in Java coluntur*). Il ne m'a donc pas été possible d'en profiter dans le courant de mon mémoire. Pour combler, du moins en partie, la lacune qui en est résultée, j'énumère ci-dessous, d'après une analyse donnée dans le *Flora*, les formes nouvelles qui y sont signalées.

C. Calisaya var. *rugosa* Miq., foliis brevi-petiolatis elliptico-oblongis crasse coriaceis, supra areolatis, subtus rugoso-reticulatis; calycis limbi lobis sublanceolatis glabris, tubo pubescente. — Vallée de Sandia, dans la province péruvienne de Carabaya (Hasskarl). — La plante rappelle par ses feuilles les *CC. parabolica* et *obovata* Pav., et pourrait peut-être constituer une espèce nouvelle.

C. euneura Miq., spec. nov. (*C. boliviana* Hassk. herb., non Wedd.; — *C. Calisaya* var. *fina* How. in herb. Hassk.), ramulis apice puberulis; petiolis brevibus a lateribus compressis antice planis, marginibus alulato-marginatis; foliis e basi subcuneata oblongis ellipticisque obtusulis subcoriaceis, supra præter subtilissimam pubem prope costam et margines obviam glabris, subtus costa argute prominente, costulis utrinque 15-16 patulis parallelis rectis ante marginem arcubus ex anastomosi ortis unitis, venis rectangule exortis prominentibus, griseo- (in nervis densius) pubescentibus, costularum quarumdum axillis exiliter scrobiculatis. — Bords du rio Grande, dans la province de Carabaya (Hasskarl). — Espèce très-voisine de la suivante, et rappelant le *C. Mutisii* par la configuration des nervures de la feuille; se distinguant du *C. Calisaya* par le nombre des nervures primaires, la disposition particulière des nervures secondaires et tertiaires, etc.

C. Hasskarliana Miq., spec. nov. — Ce Cinchona, que l'on pourrait facilement

confondre, à première vue, avec le *C. carabayensis*, est venu de graines recueillies par Hasskarl dans la province de Carabaya, au Pérou. — Une écorce de six ans, récoltée à Java, et analysée par M. Moens, a donné 4 pour 100 d'alcaloïdes, dont 3,5 de quinine.

C. CARABAYENSIS, var. *lanceolata*. — C'est cette forme, introduite à Java, par Hasskarl, que Junghuhn aurait prise pour le *C. lanceolata* R. et P. — M. Hasskarl pense que ce pourrait bien être également la plante dont il aurait envoyé les graines sous le nom provisoire de *C. amygdalifolia*.

C. SUBSESSILIS Miq., spec. nov. — Pérou (Hasskarl). — Espèce voisine du *C. pubescens* Vahl, dont elle se distingue par ses feuilles plus grandes et presque sessiles, et par sa pubescence plus dense.

C. CALOPTERA Miq., spec. nov (*C. succirubra* Jungh., non Pav. — *C. pubescens* α *Pelletieriana* Hassk., non Wedd. — « Très-voisin du *C. purpurea* » How. in litt. — *C. pallescens* R. et P., *Fl. Peruv.* mscr.; How., *Illustr.* et in *Rep. Bot. Congr. Lond.*, p. 213, *pro parte*.) — Plante venue à Java, de graines recueillies par Hasskarl. — L'analyse d'une écorce de six à sept ans a donné à M. Moens les résultats suivants : quinine, 0,39 ; cinchonine, 1,630 : total, 3,43 d'alcaloïdes.

DE L'ACTION DE LA LUMIÈRE

SUR LA

RÉPARTITION DES GRAINS DE CHLOROPHYLLE

DANS LES PARTIES VERTES DES PHANÉROGAMES,

Par **M. J. BORODIN** (1).

Depuis que j'ai montré (2) que l'influence de la lumière sur la position des grains de chlorophylle, découverte par M. Famintzin sur des feuilles de *Mnium* (3), est un phénomène fort répandu dans les Cryptogames supérieurs, il était naturel de supposer qu'il devait en être aussi de même pour les Phanérogames. Les plantes d'eau me parurent, pour diverses raisons faciles à saisir, les plus convenables pour ces recherches, et c'est sur elles que je me proposai de soumettre cette supposition à un contrôle exact. Déjà une expérience sommaire faite sur des *Lemna*, *Ceratophyllum*, *Callitriche*, et quelques autres plantes aquatiques communes, m'apprit que là aussi la position des grains de chlorophylle est variable ; mais longtemps il me fut impossible de reconnaître que les changements qu'on y observe dépendent de la lumière. D'une part, en effet, on pouvait parfois mettre les plantes à l'obscurité, sans que la position des grains de chlorophylle en fût changée ; et, d'autre part, souvent on les voyait à

(1) *Bulletin de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*, t. XIII, p. 567 et suiv. (Lu le 21 janvier 1869.)

(2) Borodin, *Ueber die Wirkung des Lichtes auf einige höhere Kryptogamen.* — *Mélanges biologiques* tirés du *Bulletin de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg*, t. VI, 1867.

(3) Famintzin, *Mélanges biologiques*, t. VI, 1866, et *Pringsheim's Jahrbücher*, Bd. VI, et *Ann. sc. nat.*, 5e série, 1867, vol. VII, p. 197.

la lumière présenter un mode de répartition, que l'on devait, par analogie avec les Cryptogames, considérer comme nocturne. D'après cela, j'étais porté à admettre une action inverse de la lumière sur la répartition de la chlorophylle dans certaines plantes, et à y considérer comme diurne l'application des grains de chlorophylle contre les parois latérales des cellules et la position inverse comme nocturne, lorsque j'eus l'heureuse idée de rechercher si l'intensité de la lumière n'exerce pas une influence essentielle sur l'apparence qui m'occupait. Cette supposition était d'autant plus vraisemblable, que, comme on le sait par les observations de M. Famintzin (1), l'intensité de la lumière joue un rôle considérable dans diverses autres fonctions de la vie des plantes, spécialement dans le verdissement des plantes étiolées et les mouvements des zoospores. La suite va montrer que cette supposition s'est trouvée complétement juste.

La série la plus complète de mes observations a porté sur des plantes aquatiques et en particulier sur des *Lemna trisulca*, dont la forme plate et la petite taille permettait d'expérimenter durant des semaines sans les endommager en aucune façon. En outre, le *Lemna trisulca* est remarquable entre toutes les Lemnacées, en ce qu'il ne contient qu'une très-faible quantité d'air, et l'air est un obstacle pour les observations. Avant de rapporter les expériences que j'ai faites sur cette plante, je dois d'abord faire une courte description anatomique de ses organes de végétation, ce qui me paraît d'autant plus nécessaire que ce sujet n'a jamais été, à ma connaissance, traité d'une façon suivie.

La tige aplatie et thalloïde du *Lemna trisulca* est recouverte sur ses deux faces par un épiderme composé de cellules plates, sinueuses et dépourvues de chlorophylle (pl. 1, fig. 1-5), et qui ne possède pas de stomates (2). Entre les deux couches épidermiques est un parenchyme assez régulier, abondamment pourvu

(1) Famintzin, *Mélanges biologiques ; Pringsheim's Jahrbücher*, Bd. VI, et *Ann. sc. nat.*, l. c.

(2) Il n'y a de stomates que sur les parties non submergées des plantes en fleur. Voyez Hoffmann, *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. XIV, p. 230. Je n'ai examiné que des échantillons stériles.

de chlorophylle. A l'extrémité et sur les bords, c'est-à-dire dans la portion marginale de la tige aplatie, il n'est formé que d'une seule couche sur une assez grande étendue ; à la base et dans la partie plus rapprochée de la médiane, il est composé de deux couches ; encore plus loin, il y a communément entre les deux couches de parenchyme des espaces contenant de l'air qui, vus de la surface, sont elliptiques. et dont le plus grand diamètre est d'ordinaire parallèle à la médiane ; ils sont séparés les uns des autres par des cloisons perpendiculaires à la surface, et composés d'une couche de cellules contenant de la chlorophylle. La médiane de la tige est parcourue par un petit faisceau de cellules conductrices (1), qui se perd dans le parenchyme à quelque distance de l'extrémité. Là où le cordon médian passe entre les deux poches latérales dans lesquelles sont les jeunes bourgeons, on voit s'en détacher deux ramifications latérales, qui d'abord décrivent une faible courbe, puis courent parallèlement au cordon médian, et se perdent encore plus tôt que ce dernier dans le parenchyme. La limite entre les portions à une et à deux couches du parenchyme saute aussitôt aux yeux, à cause du vert plus intense ; elle est ordinairement très-irrégulière : non-seulement elle présente des saillies très-prononcées, mais on voit même des îlots à deux couches entourés de toute part de parenchyme, dont les cellules sont disposées en une seule assise. Il convient de remarquer encore les espaces intercellulaires remplis d'air de la portion à une seule couche du parenchyme ; ils forment un élégant réseau interrompu çà et là, dans les mailles duquel sont toujours enfermées deux ou plusieurs cellules à chlorophylle (fig. 1–5). Entre les cellules ordinaires du parenchyme contenant de la chlorophylle sont des cellules environ deux ou trois fois plus grandes, le plus souvent isolées (fig. 1, 2 et 4), plus rarement se touchant immédiatement l'une l'autre (fig. 3), deux à deux ; chacune d'elles renferme un gros faisceau de raphides. Avec une faible loupe, déjà on distingue ces faisceaux de raphides sous forme de marques noires dans la lumière

(1) Caspary, *Pringsheim's Jahrbücher*, Bd. I, p. 382.

transmise, blanches dans la lumière réfléchie. Ils se montrent surtout dans la partie marginale et à une couche de parenchyme ; ils y sont assez uniformément répartis, et tous sont placés parallèlement à la médiane ou au bord. Si l'on retire de la poche qui le contient un bourgeon qui ne soit pas trop jeune, mais n'ait pas encore de pédicelle, on voit à sa base, qui est la partie la plus jeune de la nouvelle plante (1), un tissu uniforme composé de petites cellules sans espace intercellulaire contenant de l'air. Ces cellules contiennent un protoplasma ordinairement d'un vert pâle, dans lequel on ne peut encore distinguer des grains de chlorophylle. De très-bonne heure, on distingue un épiderme formé de cellules rectangulaires pourvues de noyau. Un peu plus tard apparaissent tout à coup les espaces intercellulaires pleins d'air, qui forment déjà le réseau qui a été décrit plus haut. En même temps apparaissent parmi les jeunes cellules du parenchyme des cellules isolées, ellipsoïdes, gonflées comme des vessies, et qui semblent remplies d'un liquide mucilagineux hyalin. Bientôt on voit dans ces cellules un petit faisceau de raphides. Plus on s'éloigne de la base, plus ces cellules sont grandes. La croissance des raphides suit la même marche que celle des cellules qui les contiennent, jusqu'à ce qu'elles aient atteint leur taille définitive, taille qu'elles conservent sans changement jusqu'à l'extrémité de la tige. Un coup d'œil rapide sur un jeune bourgeon de *Lemna trisulca* suffit pour constater tous les résultats que dans ces derniers temps M. Hilgers (2) a tirés de l'examen de coupes délicates faites sur des bourgeons et de nombreuses mesures de faisceaux de raphides (3).

(1) La croissance du second entrenœud qui est le plus développé dans le *Lemna trisulca* gagne dans la direction basipétale.

Voyez Кауфманъ. О., etc. Un court résumé de cet intéressant travail, très-important pour la morphologie des Lemnacées, qui a paru en langue russe, se trouve dans le *Bot. Zeit.*, 1868, nº 23, p. 383.

(2) Hilgers, *Ueber das Auftreten der Krystalle*, etc. (*Pringsheim's Jahrbücher*, VI, p. 285 et suiv.)

(3) M. Holzner (*Flora*, 1868, nº 20, p. 307) trouve le résultat des observations de M. Hilgers « très-remarquable en ce que il y est prouvé par des mesures directes que le dépôt de l'oxalate de chaux sous forme de cristaux, se fait successivement. » Je crois que M. Hilgers a simplement formulé ce qui était jusqu'ici admis comme allant

Je passe maintenant à la répartition des grains de chlorophylle dans le parenchyme du *Lemna trisulca*. Je dois prévenir que je l'ai examinée de préférence dans les parties formées d'une ou ou de deux couches de cellules. Dans les endroits où le parenchyme avoisine les espaces remplis d'air précédemment décrits, l'étude exacte de la répartition de la chlorophylle est très-difficile, car comme ces espaces sont fermés de tout côté et qu'il n'y a pas de stomates, l'air qu'ils contiennent ne peut être enlevé sans que le tissu soit altéré en même temps. La méthode des coupes, d'autre part, n'est pas assez certaine pour de pareilles questions.

A la lumière diffuse ordinaire du jour on trouve les parois des cellules parallèles à la surface de la tige aplatie, uniformément couvertes de grains de chlorophylle (fig. 1). Mais si l'on expose en cet état la plante à la lumière directe du soleil, un changement dans la répartition des grains de chlorophylle se produit rapidement. Au bout de dix à quinze minutes les parois latérales, c'est-à-dire les parois par lesquelles les cellules contenant de la chlorophylle se touchent, se couvrent uniformément de grains de chlorophylle; il en est de même aussi d'abord des parois contiguës aux cellules à raphides (fig. 2); mais sur le bord de la couche du parenchyme, les parois latérales tournées vers l'extérieur sont dépourvues de chlorophylle comme les parois supérieure et inférieure. Si l'action du soleil direct continue, les grains de chlorophylle quittent les parois qui séparent les cellules ordinaires des cellules à raphides, puis aussi quelques-unes des autres parois latérales (fig. 3). Au bout de trois quarts d'heure à une heure d'insolation on ne peut plus distinguer de

de soi-même. C'est un fait depuis longtemps connu que, autour du point de végétation comme dans tous les tissus où les cellules se multiplient, les cellules ne contiennent ni fécule, ni aucun autre hydrocarbure solide, mais seulement un protoplasma ayant la consistance d'un liquide épais (voyez, par exemple, Schacht, *Beiträge zur Anat. u. Phys. der Pflanzen*, 1854, p. 4). Personne certainement ne peut avoir cru que les faisceaux de raphides se développent tout à coup et non successivement. En ce qui touche à la méthode de M. Hilgers, qui consiste à compter les cellules à cristaux sur les coupes passant par l'insertion des feuilles successives d'un bourgeon, elle ne peut certainement prétendre à une grande précision.

réseau régulier et continu de chlorophylle : les grains de chlorophylle forment des groupes irréguliers dans les angles où plusieurs cellules se touchent (fig. 4). Le déplacement des grains de chlorophylle est dès lors achevé, l'insolation peut continuer sans produire aucun autre changemement dans leur position. Tout ce qui vient d'être dit se rapporte aux parties de la tige où les cellules à chlorophylle ne forment qu'une seule couche. Là où il y en a deux superposées, il en est encore à peu près de même. D'abord les grains de chlorophylle abandonnent la paroi externe qui touche à l'épiderme; les parois qui séparent la couche supérieure de l'inférieure restent encore quelque temps couvertes de chlorophylle, puis bientôt ces grains de chlorophylle se portent aussi sur les parois latérales, de façon qu'on voit deux réseaux de chlorophylle, l'un au-dessous de l'autre. L'insolation continuant, la répartition en réseaux réguliers passe à la disposition en groupes. Les autres parties de la plante, la portion allongée en forme de pétiole, les bords de la poche comme aussi la portion qui entoure les espaces remplis d'air, se comportent de même. Je n'ai pas pu étudier ce qui se passe dans les cloisons à une seule couche de cellules qui séparent les espaces remplis d'air.

Quand une plante de *Lemna trisulca* a été soumise environ une heure à l'action de la lumière solaire directe, elle paraît très-pâle, et ses cellules avec leurs grains de chlorophylle réunis par groupes paraissent comme mortes sous le microscope. Mais on n'a qu'à exposer une telle plante à la lumière diffuse du jour pour s'assurer qu'il ne peut être question de cela, car au bout de quelque temps, parfois, déjà après un quart d'heure d'exposition à une lumière modérée, les grains de chlorophylle se répartissent de nouveau sur les parois parallèles à la surface de la tige. Ce passage des grains de chlorophylle d'une disposition à une autre par suite des changements alternatifs de la lumière diffuse du jour à la lumière directe du soleil, et inversement, peut être répété autant de fois qu'on veut sur la même plante.

Les rayons calorifiques de la lumière solaire ne jouent ici aucun rôle : on en a la preuve dans ce fait que la réunion des

grains de chlorophylle par groupes n'est pas modifiée par la suppression des rayons calorifiques. Un petit vase de porcelaine, à bords lisses, au fond duquel était la plante dans une mince couche d'eau, fut couvert d'un grand vase de verre à parois parallèles, rempli d'eau et exposé au soleil. Le groupement des grains de chlorophylle se produisit, dans de telles conditions, aussi vite que si l'on n'avait pas intercepté les rayons calorifiques. Je plaçai ensuite au soleil un grand vase d'eau muni d'un thermomètre : au bout de trois quarts d'heure la température n'y atteignait que 1 degré centigrade, tandis qu'au fond du vase les plantes en expérience avaient les grains de chlorophylle répartis sur les parois latérales. Mais la preuve la plus évidente que ce ne sont pas les rayons calorifiques qui produisent les phénomènes décrits ci-dessus, c'est que ces phénomènes ne peuvent être déterminés que par les rayons les plus réfrangibles du spectre, comme le prouve l'expérience suivante. Le 2 septembre, on exposa au soleil direct, sur une fenêtre ouverte, trois soucoupes de porcelaine, contenant chacune deux plantes fraîchement tirées d'un aquarium; comme l'aquarium était à la lumière diffuse du jour, dans toutes les plantes les grains de chlorophylle étaient sur les parois parallèles à la surface de la tige. Les trois soucoupes furent recouvertes de vases de verre égaux, à parois parallèles, dont l'un était rempli d'eau, l'autre d'une solution d'oxyde de cuivre ammoniacal, et le troisième d'une solution de bichromate de potasse (1). Au bout d'une demi-heure les grains de chlorophylle étaient partout répartis sur les parois latérales, dans les deux premiers vases, tandis que dans la lumière jaune ils couvraient, comme précédemment, les parois horizontales. On transporta alors une des plantes de la lumière jaune dans la lumière bleue, et inversement, et en outre on mit à la lumière

(1) Les liquides colorés furent examinés au spectroscope. Le bichromate de potasse laissait passer les rayons rouges, orangés, jaunes et une petite partie du vert, de façon que la limite entre la partie absorbée et la partie non absorbée du spectre était deux fois plus rapprochée de la ligne D que de la ligne E. La solution ammoniaco-cuprique absorbait toute la partie la moins réfrangible jusqu'à la ligne F. Mais comme une solution si concentrée affaiblit beaucoup même les rayons qu'elle laisse passer, on l'étendit plus tard un peu de façon que l'absorption n'allait que jusqu'à la ligne E.

diffuse une des deux plantes de la soucoupe couverte d'un vase plein d'eau. Au bout d'une nouvelle demi-heure, dans les deux plantes couvertes par le vase contenant la solution ammoniaco-cuprique, les grains de chlorophylle étaient disposés le long des parois latérales, il en était de même pour la plante laissée au soleil sous le vase d'eau. A la lumière diffuse, comme dans la lumière jaune, tous les grains de chlorophylle couvraient les parois horizontales.

Si l'on met une plante de *Lemna trisulca* sur une lame de verre, et si on l'expose sous le microscope à la lumière directe du soleil, en ayant soin de l'abriter contre la lumière venant d'en haut, et d'empêcher le trop grand échauffement en plaçant un vase à parois parallèles plein d'eau devant le miroir du microscope, on voit se produire, dans les parties éclairées par dessous par la lumière directe du soleil, un rapide transport des grains de chlorophylle sur les parois latérales, tandis que dans les autres parties de la même plante ils couvrent comme précédemment les parois horizontales. Change-t-on le verre de place de façon à éclairer une partie précédemment ombragée, et à mettre dans l'ombre celle qui était précédemment éclairée, on voit au bout d'un quart d'heure les grains de chlorophylle se porter dans la première sur les parois horizontales, dans la seconde sur les parois verticales. Je rapporte cette expérience seulement parce qu'elle montre très-nettement que le parallélisme des rayons solaires ne joue aucun rôle dans le phénomène en question, puisqu'ils ne perdent pas par leur reflexion sur le miroir concave du microscope la propriété de produire la répartition spéciale des grains de Chlorophylle qui a été décrite plus haut. Du reste, le plein soleil direct n'est pas absolument nécessaire pour l'observation de ce phénomène : je l'ai souvent constaté même par un ciel couvert où l'on pouvait à peine distinguer la place du soleil.

Le phénomène qui vient d'être décrit dans le *Lemna trisulca* se montre aussi très-nettement dans les feuilles du *Callitriche*

(1) Le *Callitriche autumnalis,* dont les feuilles sont formées d'un parenchyme à deux couches seulement, serait encore plus propre à de telles observations.

verna (1). A la lumière diffuse du jour, les grains de chlorophylle y couvrent les parois horizontales, tandis qu'au soleil direct ils se portent sur les parois latérales. Le parenchyme de la feuille du *Callitriche verna* est composé de trois à quatre couches de cellules à chlorophylle. Celles qui sont situées au-dessous de l'épiderme supérieur, qui est muni de stomates, ont une forme assez régulièrement sphéroïde, tandis que celles du côté inférieur de la feuille sont en forme d'étoile irrégulière et ont entre elles de grands espaces pleins d'air. L'air ici ne gêne pas l'observation, parce qu'on peut facilement l'enlever à l'aide d'une pompe à air. Les feuilles dont les intervalles intercellulaires sont injectés d'eau se comportent à la lumière tout à fait comme lorsqu'elles sont normalement remplies d'air : cela m'a été démontré par des expériences comparatives. Le changement de position des grains de chlorophylle se produit à la lumière solaire aussi bien sur la face inférieure qu'à la face supérieure de la feuille; mais dans cette dernière il est bien plus marqué à cause de la plus grande régularité des cellules. Sous l'action continue de la lumière les grains de chlorophylle se réunissent dans les places où les cellules se touchent, tandis que les parois latérales qui bordent les espaces intercellulaires restent dépourvues de chlorophylle (pl. 2, fig. 6). On reconnaît sans peine que cette position des grains de chlorophylle correspond au groupement de ces grains dans les angles des cellules sur le *Lemna trisulca*.

Ce changement de position des grains de chlorophylle à la lumière directe du soleil ne se produit pas seulement dans les plantes d'eau (1), je l'ai souvent observé dans les plantes terrestres, dans le *Stellaria media*, Vill., par exemple, où il est très-marqué. C'est à ceci que se rapportent aussi, sans aucun doute, les intéressantes observations faites, il y a déjà longtemps, par M. Bœhm sur plusieurs Crassulacées. M. Bœhm a vu parti-

(1) Je n'ai malheureusement pas pu m'en servir pour mes recherches à l'époque où j'eus discerné le rôle que joue l'intensité de la lumière. Autant que je puis m'en souvenir il se comporte comme le *Callitriche verna*.

(2) Ce phénomène se montre également dans le *Ceratophyllum demersum*, L.

culièrement (1) qu'à la lumière directe du soleil tous les grains de chlorophylle de chaque cellule se réunissent en un groupe sur une de ses parois. Il a remarqué la même chose aussi dans un grand nombre de Saxifrages, à feuilles charnues (2). Ce fut le premier fait qui démontra l'influence de la lumière sur la répartition des grains de chlorophylle.

Plus haut, dans la description des changements de position des grains de chlorophylle qui se produisent dans les cellules du *Lemna trisulca*, après une insolation d'environ une heure, il a été dit que quand les grains de chlorophylle sont tous réunis en groupes irréguliers dans les angles des cellules, la plante paraît très-pâle. Les feuilles du *Callitriche verna* et du *Stellaria media* se comportent de même. On sait déjà depuis longtemps que les parties vertes pâlissent à la lumière directe du soleil. Ce phénomène, observé par Marquart sur différentes Fougères (3), et en particulier sur les frondes de l'*Aspidium patens*, L., a été constaté en 1859 par M. Sachs qui publia un travail complet sur ce sujet, expérimentant (4) sur les feuilles du *Zea Maïs*, *Nicotiana tabacum*, *Oxalis*, etc. Il rendait cette apparence très-frappante en appliquant des lames de plomb sur les feuilles vertes qu'il exposait ensuite à l'action de la lumière directe du soleil. Quand au bout de dix ou trente minutes on enlevait la lame de plomb, on voyait son ombre former une image d'un vert foncé sur le fond vert clair. Cette « *image d'ombre* » se dissipait aussi bien à la lumière diffuse qu'à la lumière directe du soleil, dans le premier cas par l'assombrissement du fond, dans le second par l'éclaircissement de l'image. M. Sachs n'a pas observé sous le microscope de feuilles montrant nettement ces images d'ombre,

(1) Bœhm, *Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls.* (*Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, 1856, vol. XXII, p. 510 et suiv.)

(2) Bœhm, *Ueber den Einfluss der Sonnenstrahlen auf die Chlorophyllbildung.* (*Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, 1859, vol. XXXVII, p. 476.)

(3) Clamor-Marquart, *Die Farben der Blüthen*, 1835, p. 47.

(4) Sachs, *Ueber das abwechselnde Erbleichen und Dunkelwerden der Blätter bei wechselnder Beleuchtung. — Berichte der mathem. phys. Classe der K. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften*, 1859, p. 226 et suiv.

ce qui, du reste, n'est pas impossible comme il le pensait (1), car les images d'ombre se produisent encore et même plus énergiquement dans les feuilles mises sous l'eau, même quand les espaces intercellulaires sont infiltrés (*Sambucus nigra*) (2). Il chercha à expliquer les faits qu'il observait, en supposant que la lumière directe du soleil produit une destruction partielle de la matière verte; et qu'à l'ombre, la chlorophylle détruite se reforme de nouveau. Toutefois, trois ans plus tard, M. Sachs (3) reconnut que cette explication présentée par lui était insuffisante. Un peu plus tard, M. Bœhm (4), à l'occasion d'un examen critique de l'explication proposée par M. Sachs, donna le changement de position des grains de chlorophylle chez les Crassulacées, sous l'action directe du soleil, fait découvert par lui depuis plusieurs années, mais peu remarqué, en général, comme la cause vraisemblable des changements alternatifs de nuance des feuilles qui pâlissent ou s'assombrissent, selon qu'elles reçoivent plus ou moins de lumière.

Dans son *Traité de physiologie expérimentale*, M. Sachs ne conteste pas l'observation de M. Bœhm et les conséquences qu'il en tire; « mais il me paraît difficile, ajoute-t-il, de l'appliquer aux faits connus de moi, où les grains pariétaux de chlorophylle ne peuvent se mouvoir de cette façon à l'intérieur des cellules, du moins il n'y a pas d'observations qui engagent à l'admettre (5). On devrait plutôt admettre hypothétiquement que les grains pariétaux de chlorophylle se contractent ou s'allongent dans le sens du rayon vers le centre de la cellule et s'éloignent ainsi les uns des autres en devenant plus petits dans le sens tangentiel sans quitter leur place sur la paroi cellulaire. Cela pourrait expliquer les changements de couleur

(1) *Loc. cit.*, p. 230.

(2) Sachs, *Experimental physiologie*, 1856, p. 16.

(3) *Flora*, 1862, n° 14, p. 220.

(4) Bœhm, *Beiträge zur näheren Kenntniss des Pflanzengrüns* (*Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, 1863, vol. XLVII, p. 352 et suiv.

(5) Les observations de M. Famintzin sur le transport des grains de chlorophylle dans les feuilles de *Mnium* ne parurent qu'à la fin de 1866, c'est-à-dire un an après l publication de la *Physiologie* de M. Sachs.

du tissu. Toutefois, ce sont là des suppositions sans preuve (1). » M. Micheli, qui peu auparavant travaillait dans le laboratoire de M. Sachs, crut avoir trouvé que la première de ces hypothèses est fondée. Il annonça (2) que dans les feuilles du *Ceratodon purpureus* les grains de chlorophylle, par un fort soleil, se contractent d'une façon certaine. M. Micheli soutient aussi l'hypothèse que la pâleur observée par M. Sachs sur les feuilles exposées à la lumière directe du soleil doit être attribuée à la même cause. Sans vouloir mettre le moins du monde en suspicion les observations de M. Micheli sur le *Ceratodon purpureus* (je ne les ai pas répétées), je dois repousser son hypothèse comme tout à fait insoutenable. Toute personne qui se donnera la peine de comparer les observations de M. Sachs touchant la pâleur qui se produit dans les feuilles exposées à la lumière du soleil avec les changements de position des grains de chlorophylle que j'ai décrits plus haut sur le *Lemna*, le *Callitriche* et le *Stellaria*, reconnaîtra une si complète analogie entre ces phénomènes jusque dans les détails que certainement l'exactitude de l'explication donnée par M. Bœhm ne fera plus l'objet d'un doute. Les expériences suivantes prouvent du reste d'une façon incontestable que l'apparition des images d'ombre est bien véritablement due au changement de position des grains de chlorophylle. Je mis, d'après la méthode de M. Sachs, de minces bandes de plomb sur des feuilles vertes de *Callitriche verna*, de *Stellaria media* ou des thallomes de *Lemna trisulca* que j'exposai ensuite au soleil direct. Au bout de peu de temps j'obtins, quand les bandes de plomb furent enlevées, des images d'ombre très-nettement marquées, qui se voyaient aussi bien par transparence que par réflexion, du moins dans le *Lemna* et le *Stellaria*. L'examen microscopique de ces feuilles montra, comme on devait s'y attendre, que dans la partie couverte par la lame de plomb les grains de chlorophylle étaient restés sur

(1) *Loc. cit.*, p. 16 et suiv.

(2) Micheli, *Quelques observations sur la matière colorante de la chlorophylle* (*Archives des sciences de la Bibliothèque universelle de Genève*, t. XXIX, 1867, n° 113, p. 26).

les parois horizontales comme à la lumière diffuse du jour, tandis que dans les parties pâlies des mêmes feuilles ils étaient tous répartis sur les parois latérales. Quand la lame de plomb était assez étroitement appliquée, la limite de l'image d'ombre était marquée même sous le microscope, à ce point, que souvent de deux cellules contiguës, l'une présentait les grains de chlorophylle sur la paroi extérieure, l'autre, au contraire, sur les parois latérales. La figure 5 représente cette limite de l'image d'ombre sur le *Lemna trisulca;* la figure 7 montre la même chose sur le *Callitriche verna.* Évidemment l'image d'ombre doit disparaître aussi bien à la lumière directe qu'à la lumière diffuse : dans le premier cas, par suite de la répartition des grains de chlorophylle de l'image d'ombre sur les parois latérales; dans le second, par le transport de ceux de la partie pâlie de la feuille sur la paroi extérieure. En outre, il est facile de prévoir que les images d'ombre doivent se produire dans la lumière bleue et non dans la lumière jaune, comme me l'a montré l'expérience directe sur les feuilles du *Callitriche verna :* sous le vase de verre rempli d'une solution ammoniaco-cuprique les images d'ombre se produisaient aussi rapidement et aussi fortement qu'à la pleine lumière, tandis que sous la solution de bichromate de potasse elles manquaient complétement.

Il est donc démontré que les changements de position des grains de chlorophylle se manifestent non-seulement chez les Cryptogames supérieurs mais encore chez beaucoup de Phanérogames, et que la pâleur des parties vertes des plantes au soleil, comme les images d'ombre de M. Sachs, sont causées par des transports de grains de chlorophylle.

La question n'est cependant pas encore épuisée par là, bien évidemment ; il faut considérer cette circonstance, que dans les Cryptogames, comme on le sait, par les observations de M. Famintzin et par les miennes qui sont concordantes, les grains de chlorophylle gagnent à l'obscurité les parois latérales, tandis que dans les Phanérogames que j'ai observés, comme on l'a vu plus haut, la même chose se produit à la lumière directe du soleil. L'analogie des deux grands groupes de végétaux paraît

donc encore en défaut ici. Il fallait évidemment faire de nouvelles recherches sur la manière d'être des feuilles de Mousse et des prothallium de Fougère au soleil direct et des parties vertes des Phanérogames à l'obscurité. Quelques expériences que je fis dans ce but sur des feuilles de *Funaria hygrometrica* et des prothallium d'*Aneimia Phyllitides*, Sw., me montrèrent tout de suite qu'elles se comportent à la lumière directe du soleil absolument comme les feuilles de *Stellaria ;* une courte insolation suffisait pour faire passer les grains de chlorophylle sur les parois latérales ; une forte insolation agissait donc comme l'obscurité complète, mais bien plus rapidement. D'après cela, il n'y a rien de surprenant à ce que dans une plante de *Funaria* passée de l'obscurité à la lumière directe du soleil il ne se produise pas de changement, tandis qu'à la lumière diffuse les grains de chlorophylle se portent rapidement le long des parois externes des cellules (1).

Quant à la façon dont les plantes supérieures se comportent à l'obscurité, je l'ai pareillement étudiée expérimentalement sur le *Lemna trisulca*, le *Callitriche verna* et le *Stellaria media*. Dans les feuilles du *Callitriche verna* je n'ai pu saisir aucun changement de position des grains de chlorophylle à l'obscurité ; alors encore comme à la lumière diffuse ils couvrent constamment les parois extérieures. Mais il faut bien expressément remarquer que toutes les observations et expériences précédemment décrites ont été faites à la fin de l'année, aux mois de septembre et d'octobre, et que l'époque où se fait l'observation a une grande importance, comme il ressort des faits suivants. Dans les journées chaudes de juin, au bout d'une heure de séjour dans une chambre obscure, tous les grains de chlorophylle de la feuille du *Funaria hygrometrica* se montraient déjà sur les parois latérales. Quand j'observai la même Mousse croissant chez moi dans une chambre, en octobre, il ne se produisit plus de changement dans la position de la chlorophylle à l'obscurité, ou bien

(1) Faute de matériaux, je n'ai pu faire qu'un très-petit nombre d'observations sur des Cryptogames ; mais je ne manquerai pas de reprendre et de compléter ces études aussitôt que possible.

un petit nombre seulement de grains se portèrent sur les parois latérales, tandis que la plupart demeuraient le long des parois extérieures. Dans la tige du *Lemna trisulca*, il m'est cependant arrivé d'observer malgré la saison défavorable le transport des grains de chlorophylle sur les parois latérales, bien qu'il ne fût pas toujours clairement marqué. Il y avait çà et là quelques exemplaires où l'on ne pouvait pas plus saisir de changement de position des grains de chlorophylle que dans les feuilles du Callitriche, mais le plus souvent on pouvait l'observer, du moins dans les plus jeunes parties des bourgeons latéraux encore cachées dans les poches et parfois dans les parois même de ces poches. Quoi qu'il en soit, le transport des grains de chlorophylle sur les parois latérales se produit bien plus lentement à l'obscurité qu'à la lumière directe du soleil et n'est jamais aussi nettement marqué que dans ce dernier cas : un nombre plus ou moins considérable de grains de chlorophylle reste presque toujours sur les parois extérieures dans l'obscurité. Jamais je n'ai pu observer à l'obscurité le groupement de la chlorophylle dans les angles des cellules tel qu'il se produit par suite d'une longue action du soleil direct. Je ne doute pourtant pas que l'obscurité n'agisse réellement comme une forte insolation, bien que beaucoup plus lentement, sur les grains de chlorophylle du *Lemna trisulca*.

Encore aujourd'hui, au moment où j'écris ces lignes (14 janvier), les plantes que j'ai devant moi montrent très-nettement les phénomènes suivants : tandis qu'à la lumière diffuse du jour (on ne peut avoir de soleil direct) les grains de chlorophylle couvrent uniformément les parois extérieures, dans des plantes qui ont été tenues vingt-quatre heures à l'obscurité presque tous sont sur les parois latérales. Cela s'observe sur les parties où le parenchyme n'a qu'une couche ; sur les parties à deux couches, on ne voit pourtant pas deux réseaux superposés, parce que les parois inférieures qui séparent la couche supérieure de la couche inférieure du parenchyme sont uniformément couvertes de grains de chlorophylle. Le changement de position des grains de chlorophylle est encore plus évident dans les feuilles du

Stellaria media. Les figures 8 et 9 représentent l'un et l'autre la même portion de la surface supérieure d'une feuille de *Stellaria media,* d'où l'air contenu dans les espaces intercellulaires a été extrait à l'aide d'une pompe à air. La figure 8 montre la répartition des grains de chlorophylle à la lumière diffuse du jour : la figure 9 a été faite après un séjour de la plante à l'obscurité durant vingt-quatre heures. Cette dernière figure représente également bien la position des grains de chlorophylle à la lumière directe du soleil ; seulement, après une longue insolation, les grains de chlorophylle ne sont plus seulement uniformément répartis sur les parois latérales, mais ils y sont amoncelés en groupes irréguliers. Je dois encore faire remarquer que tous les grains de chlorophylle de la couche superficielle du parenchyme ne se portent pas à l'obscurité sur les parois latérales, une petite partie reste sur les parois extérieures. Ces derniers grains de chlorophylle présentent une disposition très-particulière ; ils sont en ligne, au-dessous des parois qui séparent les cellules de l'épiderme, et les suivent dans leurs contours (fig. 10).

J'ai cherché à prouver à l'aide de l'expérience suivante, qui me paraît démonstrative, qu'il est vrai que l'obscurité produit des changements dans la position des grains de chlorophylle des feuilles de *Stellaria media.* On met une mince lame de plomb sur une feuille qui est restée assez longtemps à l'obscurité, puis on l'expose à la lumière diffuse ; on doit s'attendre à ce que, dans les parties non recouvertes de la feuille, les grains de chlorophylle se portent sur les parois horizontales, tandis que sous la plaque de plomb, quand elle adhère assez exactement, ils restent sur les parois latérales : on doit donc voir quand on enlève la lame de plomb une bande pâle sur un fond foncé. L'expérience directe a prouvé l'exactitude de ce raisonnement ; dans ce cas, aussi bien que quand on expose à une lumière d'une intensité modérée des feuilles munies de bandes de plomb au sortir de la lumière directe du soleil, j'ai constaté maintes fois l'apparition de bandes pâles qui se montraient surtout dans la lumière transmise, mais se voyaient aussi dans

la lumière réfléchie. L'observation microscopique m'a appris que la différence d'intensité du vert des portions couverte et découverte de la feuille est réellement produite par la différence du mode de répartition des grains de chlorophylle. On peut s'assurer que les bandes pâles ne sont pas dues à une trop forte application de la bande de plomb qui aurait endommagé le tissu de la feuille, puisque elles deviennent de moins en moins visibles à la lumière diffuse après qu'on a enlevé les bandes de plomb.

De toutes les observations, de toutes les expériences précédentes, il résulte qu'une complète absence de lumière, comme une forte insolation, produit essentiellement la même distribution des grains de chlorophylle ; seulement l'action de la lumière directe du soleil est de beaucoup la plus énergique. M. Bœhm paraît avoir remarqué, en partie du moins, cette influence de l'obscurité, comme cela paraît ressortir du passage suivant de son premier travail (1) : « Pour expérimenter si le changement de position des grains de chlorophylle se produit même sur des préparations propres à l'examen microscopique exposées à la lumière du soleil, je les mettais, pour les protéger contre la dessiccation, soit sur une bande de papier blanc à filtrer dont l'un des bouts plongeait dans un vase plein d'eau, soit même dans l'eau... Le groupement des grains de chlorophylle s'opérait souvent assez vite. Cependant, dans ces circonstances, les mêmes changements se produisaient aussi dans un lieu complétement obscur au bout de quelques heures. La même chose arrivait aussi quand les espaces intercellulaires des feuilles étaient injectés d'eau ; seulement, dans ces cas, les grains de chlorophylle ne se réunissaient pas si complétement dans chaque cellule, mais restaient presque toujours répartis en plusieurs groupes. » Mais un peu plus loin M. Bœhm dit (*l. c.* p. 512) : « La lumière diffuse, surtout celle qui est réfléchie par un mur blanc, n'est pas sans influence sur la position des grains de chlorophylle, aussi la plante doit elle être mise dans un lieu

(1) Bœhm, *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, 1856, t. XXII, p. 511 et suiv.

obscur, au moins une demi-journée avant l'expérience (car c'est à peu près le temps dont les grains de chlorophylle groupés ont besoin pour retourner complétement à leur position première). » Dans son deuxième mémoire (1), M. Bœhm ajoute quelques nouvelles observations touchant l'action de l'obscurité sur la position des grains de chlorophylle. « Dans la tige du *Sedum Telephium* se montraient des grains de chlorophylle toujours réunis en groupes, et ils ne regagnaient pas les parois quand on tenait la plante quatre semaines et plus à l'obscurité. Dans les feuilles de rameaux coupés de *Sedum spurium* qui commençaient à mourir et à se décolorer, les grains de chlorophylle se montraient aussi réunis en boule. » Du reste, ces observations ne se rapportent pas à notre sujet, car elles ont été faites sur des plantes mourantes (2).

Si nous considérons que l'action de l'obscurité et celle du soleil direct sont les mêmes, ainsi que nous l'avons établi plus haut, nous devons trouver assez singulière l'assertion de M. Micheli, que les grains de chlorophylle contractés au soleil direct (3) deviennent plus larges à l'obscurité et se rapprochent par les côtés. Comme M. Micheli n'indique pas quels sont les rayons du spectre qui produisent la contraction des grains de chlorophylle qu'il a observée, il est difficile de dire jusqu'à quel point ce phénomène est analogue aux changements de position des grains de chlorophylle des Mousses, par exemple des *Mnium* et des *Funaria* (4). En tout cas, il serait intéressant de répéter les

(1) Bœhm, *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, 1859, t. XXXVII, p. 476.

(2) D'après quelques observations non encore achevées, je suis porté à penser que par suite de lésions, par exemple par compression mécanique, les grains de chlorophylle des cellules mourantes se portent également sur les parois latérales. J'ai vu cela, par exemple, à la base des feuilles séparées de leur plante mère sur le *Callitriche verna ;* cette disposition des grains de chlorophylle se montrait dans quelques rangées de cellules très-voisines de la plaie, et elle n'était modifiée ni par l'obscurité, ni par l'insolation.

(3) D'après M. Sachs, qui rapporte les observations de M. Micheli dans son *Nouveau Traité de botanique* (p. 568), les grains contractés de chlorophylle deviennent plus larges à l'ombre (*in Schatten*) ; mais dans le travail de M. Micheli il y a le mot « obscurité » (*loc. cit.*, p. 26).

(4) Je ne connais qu'un seul fait qui présente peut-être une analogie éloignée avec

observations de M. Micheli dans une meilleure saison, car son travail a été fait en hiver (1).

Dans son *Nouveau Traité de botanique*, M. Sachs admet (p. 568), comme une hypothèse extrêmement vraisemblable, que les déplacements des grains de chlorophylle observés par M. Famintzin et par moi résultent de mouvements du protoplasma incolore causés par le changement de la lumière. Les grains de chlorophylle seraient ainsi entraînés passivement. En réalité, M. Frank a observé ces changements de position, même sur des grains de chlorophylle étiolés et de simples granules protoplasmiques (2).

Reste à savoir, néanmoins, si les grains verts sont bien en réalité entraînés passivement. M. Nægeli, du moins, attribue, comme on sait, aux granules une influence active sur les mouvements du protoplasma (3).

J'espère reprendre de nouvelles observations sur ce sujet dans quelques mois, au réveil de la végétation.

Je veux, en terminant, résumer brièvement les résultats principaux des recherches précédentes.

1° Dans les parties vertes de divers Phanérogames, les grains de chlorophylle changent de position sous l'action de la lumière.

2° L'intensité de la lumière a sur la répartition de la chlorophylle une grande influence.

3° A la lumière diffuse du jour, les grains de chlorophylle couvrent les parois parallèles à la surface de l'organe ; à la lumière directe du soleil, ils se portent rapidement sur les parois latérales.

la contraction des grains de chlorophylle à la lumière du soleil, telle que l'admet M. Micheli : c'est la contraction des bandes de chlorophylle dépourvues de fécule que M. Famintzin a observée dans le *Spirogyra orthospira* Næg. (Famintzin, *Pringsheim's Jahrbücher*, t. VI, p. 38, et *Ann. sc. nat.*, l. c.) Cette contraction se produisait à l'obscurité ; elle n'avait pas lieu à la lumière bleue.

(1) Micheli, *loc. cit.*, p. 10 : « ayant fait ce travail entièrement en hiver ».

(2) Voyez *Berichte über die Verhandlungen der botanischen Section der 42sten Versammlung deutscher naturforscher und Aerzte in Dresden* (*Flora*, n° 31, p. 492, et *Bot. Zeit.*, 1868, n° 48, p. 828).

(3) Nägeli, *Schwendener das Mickroskop*, 1867, p. 396 et suiv.

4° Les Cryptogames, étudiés à ce point de vue, se comportent comme les Phanérogames.

5° Après une courte insolation, on trouve les grains de chlorophylle uniformément distribués sur les parois latérales; après une plus longue action de la lumière solaire directe (trois quarts d'heure), ils forment des groupes isolés sur les parois latérales. (Je n'ai pu malheureusement étudier les Cryptogames à ce point de vue.)

6° L'influence de la lumière du soleil est limitée à la partie insolée ; elle pénètre bien cependant dans les couches profondes de la feuille (1), mais non dans une direction latérale. Deux cellules contiguës d'une même couche peuvent offrir une répartition entièrement différente des grains de chlorophylle.

7° La pâleur des parties vertes des plantes au soleil direct comme l'apparition des images d'ombre de M. Sachs résultent de ce changement de position des grains de chlorophylle.

8° A l'obscurité, les grains de chlorophylle de quelques Phanérogames (*Lemna*, *Stellaria*) se portent de même sur les parois latérales. Ainsi l'absence de lumière produit essentiellement la même répartition des grains de chlorophylle que la lumière solaire directe ; seulement l'action de cette dernière est plus vive et plus intense.

9° Tous les changements de position des grains de chlorophylle sont produits seulement par les rayons les plus réfrangibles de la lumière solaire.

EXPLICATION DES PLANCHES 1 ET 2.

Toutes les figures ont été ébauchées au même grossissement à l'aide de la chambre claire, puis achevées librement.

Fig. 1. Un morceau de la portion marginale à une couche du parenchyme de la tige du *Lemna trisulca* L., avec l'épiderme supérieur ; à la lumière diffuse ordinaire du jour.

(1) Sans doute dans les feuilles épaisses, l'influence de la lumière solaire ne peut se faire sentir que jusqu'à une certaine profondeur ; les rayons les plus réfra gibles, qui sont actifs dans ce cas, sont bientôt absorbés ou du moins affaiblis. Cette circonstance explique pourquoi les images d'ombre (dans les feuilles épaisses) ne se montrent, comme le remarque M. Sachs, dans la lumière réfléchie, que sur la face insolée.

Fig. 2. Le même, après environ quinze minutes d'insolation.

Fig. 3. Le même, après une demi-heure d'insolation. Les parois latérales des cellules à raphides restent sans chlorophylle.

Fig. 4. Le même, après une exposition de trois quarts d'heure à l'action de la lumière directe du soleil. Les grains de chlorophylle commencent à se réunir en groupes.

Fig. 5. Le même. Les bords d'une image d'ombre. L'épiderme n'est pas indiqué.

Fig. 6. Une partie de la couche supérieure du parenchyme d'une feuille de *Callitriche verna* après une longue insolation. Les espaces intercellulaires étaient infiltrés d'eau.

Fig. 7. La même. Limite d'une image d'ombre.

Fig. 8. Partie de la couche supérieure du parenchyme à la base d'une feuille de *Stellaria media*, après enlèvement de l'air à l'aide d'une pompe à air; observée à la lumière diffuse du jour.

Fig. 9. La même partie, après qu'elle est demeurée environ vingt-quatre heures dans un lieu obscur.

Fig. 10. Deux cellules de la couche supérieure du parenchyme d'une autre feuille de *Stellaria media*. Tous les grains de chlorophylle ne se trouvent pas sur les parois latérales dans l'obscurité.

ANATOMIE DES FLEURS ET DU FRUIT DU GUI

(*VISCUM ALBUM*),

Par M. Ph. VAN TIEGHEM.

Ces recherches anatomiques ont été poursuivies pendant plus d'une année, et elles ont porté sur les principaux états du développement de la fleur mâle, de la fleur femelle et du fruit du Gui ; elles viennent combler une des lacunes que nous avons dû laisser subsister dans nos premières recherches d'anatomie florale.

On sait que le bourgeon terminal de tous les rameaux du Gui se transforme en fleur ; comme il en est de même pour les deux bourgeons axillaires des bractées de la dernière paire dans la plante mâle, et de celles de l'avant-dernière paire dans la plante femelle, il en résulte que les fleurs sont disposées trois par trois au sommet du rameau.

FLEUR MALE.

La fleur mâle du Gui est déjà complétement formée dans toutes ses parties vers les premiers jours de novembre, c'est-à-dire quatre mois environ avant son épanouissement, qui, sous le climat de Paris, s'opère dans les premiers jours de mars. Le pédicelle floral présente huit faisceaux vasculaires isolés et disposés en cercle ; quatre correspondent aux quatre sépales qui sont connés dans leur tiers inférieur, les quatre autres alternent avec eux. Ces derniers se dédoublent sous la fleur, et chaque moitié s'adjoint au faisceau demeuré simple pour pénétrer dans le sépale auquel ce faisceau correspond. Chacune des quatre bractées florales, disposées en deux paires décussées, reçoit donc

du pédicelle trois faisceaux, et l'axe s'éteint en les produisant.

Suivons maintenant, par une série de coupes transversales et longitudinales, la marche de ces trois faisceaux de la base au sommet du sépale. Nous les verrons se diviser dans leur plan pour former successivement cinq, sept, neuf nervures qui contractent de fréquentes anastomoses latérales ; vers la pointe de l'organe, ces nervures se réduisent successivement à trois, puis à une seule. En aucun point on ne voit de branches se détacher de ce réseau unique de nervures pour se rendre dans la zone interne du parenchyme, et former à la prétendue anthère qui la revêt un système vasculaire propre, qui lui donnerait la valeur d'une étamine, d'une feuille staminale distincte du sépale auquel elle serait superposée.

De l'unité de son système vasculaire on doit conclure à la simplicité de l'organe, et dire que chaque bractée florale, jointe aux logettes polliniques qui en recouvrent presque toute la surface supérieure, constitue un seul et unique appendice, puisqu'elle ne possède qu'un seul et unique système vasculaire foliaire.

C'est par un raisonnement du même ordre que, découvrant dans le parenchyme de l'écaille des cônes des Cupressinées, des Séquoiées, des Araucariées, etc., deux systèmes vasculaires foliaires entièrement indépendants et qui se tournent les trachées l'un vers l'autre, nous en avons conclu que cette écaille est double, formée de deux feuilles inverses, c'est-à-dire diamétralement opposées, l'une sur la branche, l'autre sur le rameau, et connées par leurs surfaces supérieures en regard (1).

La fleur mâle du Gui est donc constituée par quatre feuilles, par deux paires successives de bractées décussées pollinifères sur leur face supérieure, et non, comme il est généralement admis, par huit feuilles, quatre sépales et quatre étamines distinctes superposées à ces sépales et connées avec eux.

On arrive à la même conclusion par une méthode différente,

(1) *Anatomie de la fleur femelle et du fruit des Cycadées, des Conifères et des Gnétacées* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, 1869, t. X, p. 275 et 277).

si l'on suit, comme l'a fait M. Decaisne dans son beau mémoire de 1839 (1), le mode de développement du pollen dans les nombreuses logettes qui le renferment.

La section du jeune bouton est en effet constituée par le rapprochement de quatre parties simples : deux externes, triangulaires, les premières développées situées en face l'une de l'autre à une certaine distance, et deux autres plus intérieures, trapézoïdales, en contact immédiat. Chacune de ces parties est enveloppée par un épiderme continu sans trace de division. Le parenchyme homogène qui la forme, d'abord incolore dans toute son étendue, devient vert progressivement de dehors en dedans, et il y a un moment où il paraît constitué par deux zones presque égales en épaisseur, l'extérieure verte, l'intérieure incolore. Mais ce n'est là qu'une fausse et fugitive distinction en deux couches, car la chlorophylle envahit peu à peu toute l'épaisseur du parenchyme jusqu'à l'épiderme supérieur ; seulement, en certaines places arrondies voisines de cet épiderme, les cellules conservent leur transparence. C'est la cellule centrale de ces noyaux incolores qui se développe rapidement, devient la cellule mère des utricules polliniques, et engendre, en définitive, une logette pollinifère. On voit donc que ces logettes sont creusées et enchâssées dans l'épaisseur même du parenchyme de la face supérieure d'un organe foliaire, et que la simplicité de cet organe est attestée par l'homogénéité absolue du tissu cellulaire qui le constitue dans toute son étendue, avec non moins d'évidence que par l'unité du système vasculaire qui traverse ce tissu.

M. Decaisne, dont l'attention ne s'est pas portée sur ce point, admet l'opinion reçue, c'est-à-dire la superposition d'une étamine au sépale. Pour lui, la partie extérieure verte de chacune des quatre pièces qui entrent dans la constitution du bourgeon mâle, assez nettement séparée de la blanche à une certaine phase transitoire du développement, appartient au calice, la partie incolore à l'anthère. Mais on va voir que les termes

(1) J. Decaisne, *Mémoire sur le développement du pollen, de l'ovule, et sur la structure des tiges du Gui* (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XIII, 1840).

mêmes où ce savant botaniste exprime, d'après l'opinion qu'il admet, les changements ultérieurs, viennent confirmer entièrement nos observations.

« La partie colorée en vert appartient au calice, celle du centre à l'anthère..... En suivant les développements de chacune de ces parties, on voit la portion antérieure verte ou calicinale s'accroître pour ainsi dire aux dépens du tissu de l'anthère ; celui-ci, repoussé de plus en plus vers le centre du disque, finit enfin par n'occuper qu'une zone assez mince relativement à la couche cellulaire externe, jusqu'à ce qu'il se trouve enfin partagé en plusieurs parties par des processus qui, partant du calice, atteignent l'épiderme. » Et plus loin : « On voit le tissu parenchymateux vert du calice se décolorer à mesure qu'il tend à constituer les parois des logettes (1). »

Prises en elles-mêmes et dépouillées du langage qui les exprime dans l'idée préconçue de leur auteur, les observations organogéniques de M. Decaisne concordent donc avec les nôtres, car il est impossible de dire d'une manière plus nette que c'est au parenchyme du calice qu'appartiennent les groupes de cellules claires qui produisent les logettes (2).

(1) J. Decaisne, *loc. cit.*, p. 13, 55 et 56 du tirage à part, pl. 1, fig. 2 et 3.

(2) Il y a cependant deux points d'importance secondaire sur lesquels je présenterai quelques observations.

Il s'agit d'abord de la structure de la paroi des logettes. « Tout en m'occupant de la structure de l'ovule, dit M. Decaisne, j'étendis mes observations aux fleurs mâles...... afin de m'assurer si les utricules à parois réticulées, qu'on remarque dans presque tous les végétaux chez lesquels la déhiscence des anthères a lieu par une dilatation plus ou moins sensible des parois, se retrouvaient également dans le Gui où l'organisation des anthères semble ne devoir présenter aucun des phénomènes qui se passent dans les autres végétaux au moment de l'épanouissement. » (P. 8.) Cette question, M. Decaisne ne la traite pas dans le texte de son mémoire, mais dans les conclusions et dans l'explication des figures, elle se trouve résolue négativement. « Les anthères ne présentent aucune des utricules réticulées qu'on observe dans celles de la plupart des autres végétaux. » (P. 52.) « En contact avec l'épiderme, à l'époque de l'épanouissement, les logettes ne présenteront point de couche utriculaire réticulée. » (P. 56.)

Nous avons observé au contraire, et cela dès les premiers jours de novembre, c'est-à-dire plus de quatre mois avant la déhiscence, que la paroi des logettes possède des cellules munies de bandes, portions de spires ou anneaux d'épaississement. Voici comment ces cellules y sont distribuées. Sur la face interne de la bractée pollinifère, là où

En résumé, l'étude du parenchyme et de ses transformations vient confirmer celle du système vasculaire, pour attester la simplicité de l'organe que nous étudions, et pour démontrer que la fleur mâle du Gui est constituée par deux paires de bractées décussées, pollinifères sur leur face supérieure. Ces bractées jouent à la fois par leur face externe étalée en feuille le rôle protecteur dévolu d'ordinaire aux sépales dans le bouton, et par leur face interne le rôle organisateur du pollen dévolu d'ordinaire à l'anthère. Les deux fonctions, séparées ailleurs sur deux feuilles distinctes, sont ici confondues sur le même appendice, et cette confusion peut être regardée comme une marque d'infériorité.

Le mode de formation du pollen dans le Gui n'est donc pas sans analogie avec celui que l'on rencontre chez les Conifères, ou mieux encore, à cause de la multiplicité et de l'indétermi-

la logette fait saillie et où elle s'ouvrira, sa paroi est constituée par l'épiderme dont chaque cellule contient une petite macle d'oxalate de chaux, et sous cet épiderme règne une assise de cellules munies d'épaississements spiralés. Ces cellules s'avancent plus ou moins sur les parois latérales, c'est-à-dire sur les cloisons de séparation de deux logettes voisines ; puis elles cessent, et ce sont des cellules à paroi mince et hyaline qui garnissent la logette sur toute sa face externe, c'est-à-dire du côté du système vasculaire de la bractée. Assez souvent même les cloisons de séparation ne possèdent pas de cellules spiralées, et celles-ci n'occupent que la face bombée de la loge. Lors de l'épanouissement, elles bordent le pore de déhiscence, et c'est grâce à elles que tous ces fragments de paroi se redressent en dehors et que les logettes, largement béantes, forment comme les mailles d'un réseau.

Notre seconde remarque s'applique au pollen. Le grain de pollen du Gui, déjà parfaitement développé au commencement de novembre, est muni de trois plis, et il a sa membrane externe hérissée de papilles, sauf dans les plis, où elle est lisse ou seulement parsemée de quelques fines granulations. M. Decaisne dit qu'à cette première époque les acides ne contribuent pas à démontrer la présence des deux membranes polliniques, et que, soumis à leur action, les grains ne laissent échapper qu'un nucléus accompagné de granules. J'ai observé, au contraire, que dès cette même époque l'acide sulfurique met en parfaite évidence la membrane interne. Gonflée par l'acide, cette membrane interne hyaline fait d'abord trois hernies tubuleuses au milieu des trois plis du grain ; puis autour de l'une d'elles, l'exine se rompt et le grain tout entier s'échappe de l'enveloppe externe sans se briser, pour reprendre au dehors sa forme sphérique. L'intine, considérablement épaissie et comme gélatineuse, enveloppe le protoplasma au centre duquel se distingue un beau nucléus. Sous l'influence de l'acide sulfurique, le pollen du Gui se dépouille donc de sa carapace absolument comme le pollen d'If ou de Cyprès sous l'influence de l'eau pure.

nation numérique des logettes, chez les Cycadées; avec cette différence, toutefois, que dans ces deux familles c'est dans l'épaisseur du parenchyme de la face inférieure de la bractée pollinifère que sont creusées les logettes, tandis que dans le Gui, c'est dans le parenchyme de la face supérieure qu'elles se constituent. Dans l'immense majorité des étamines ordinaires, les deux faces de la feuille paraissent contribuer à la production du pollen; deux logettes semblent se former dans le parenchyme supérieur, deux autres dans le parenchyme inférieur. Nous reviendrons sur ce sujet dans un autre travail.

FLEUR FEMELLE.

Les fleurs femelles sont disposées trois par trois à l'extrémité des rameaux, comme les fleurs mâles. Seulement, tandis que chez ces dernières il n'y a aucun appendice entre les bractées mères des fleurs latérales et la fleur terminale, on trouve une paire de bractées stériles entre les fleurs femelles latérales et la terminale. Il en résulte que si les plans homologues des trois fleurs mâles coïncident, dans l'inflorescence femelle, au contraire, les plans homologues des fleurs latérales et celui de la fleur terminale sont perpendiculaires. Cette remarque a son utilité pratique, car elle montre qu'il faut, suivant que la fleur femelle est terminale ou axillaire, y conduire les coupes longitudinales à angle droit pour obtenir des résultats comparables.

Le système vasculaire du pédicelle émet à la base de la fleur femelle huit faisceaux qui se relèvent dans la zone périphérique de la masse ovoïde formée par l'union des divers appendices. Les deux faisceaux latéraux sont les nervures médianes des divisions externes du périanthe; les deux antéro-postérieurs sont les nervures médianes des divisions de la seconde paire, et les quatre alternes se dédoublent vers le tiers ou vers le milieu de la hauteur du fruit pour accompagner les premiers : de sorte que chacune des quatre divisions libres du périanthe reçoit trois branches vasculaires.

Il reste au centre six faisceaux, un à droite et un à gauche,

deux en avant et deux en arrière. Ces six faisceaux se disposent immédiatement en deux systèmes ternaires latéraux, et dès lors l'axe a disparu. En même temps ils s'incurvent en dehors pour se relever bientôt dans la zone interne de la fleur, autour du parenchyme homogène qui continue d'en occuper le centre. Le faisceau dorsal de chaque système demeure simple, mais chacun des latéraux se divise dès la base en plusieurs branches, qui divergent en s'inclinant toutes vers le faisceau dorsal correspondant, et qui s'anastomosent fréquemment avec lui. Le réseau vasculaire qui entoure le parenchyme central homogène du bourgeon floral, et qu'on retrouve plus tard adhérent à la périphérie de la graine, est donc formé de deux systèmes foliaires indépendants, pourvus chacun d'une nervure médiane. Ces deux feuilles, superposées aux divisions externes du périanthe, et qui constituent la troisième paire d'appendices du bourgeon femelle, sont les deux carpelles. Elles ne sont pas creusées en gouttière et réunies par leurs bords, mais bien soudées l'une à l'autre par le parenchyme de leurs faces supérieures planes, sans constituer entre elles de cavité ovarienne.

Les deux carpelles du Gui sont donc, dès la base de la fleur, vasculairement libres des quatre appendices externes, et leur liaison avec eux, comme l'union mutuelle de ceux-ci, tout en s'étendant à la presque totalité de la longueur des organes, est purement parenchymateuse. L'organisation de la partie inférieure de la fleur femelle du Gui, improprement nommée son ovaire infère, s'exprime ainsi simplement par :

$$F_f = [2S + 2S' + 2C^o_s] ;$$

l'expression de la fleur mâle dans sa partie inférieure étant :

$$F_m = [2S_p + 2S'_p].$$

S_p désigne un sépale pollinifère.

L'étude du parenchyme central conduit à la même conclusion. Sur les coupes longitudinales il présente à toutes les périodes du développement de la fleur une homogénéité parfaite, depuis le sommet du stigmate bilobé jusqu'à la base où

divergent les systèmes vasculaires des deux carpelles. Dans toute cette étendue les cellules y conservent la même forme, la même dimension, la même structure, la même disposition en séries longitudinales continues ; leur membrane est brillante, et si leur contenu, finement granuleux et très-sombre dans le haut, devient plus clair et vert dans le bas, c'est par une série de transitions insensibles où toute limite disparaît. Il en est de même dans le sens transversal, où le tissu est parfaitement continu dans toute son épaisseur, c'est-à-dire depuis le système vasculaire d'un carpelle jusqu'à celui du carpelle opposé.

Il faut en conclure que ce tissu central n'est formé que par le parenchyme de la face supérieure des deux feuilles carpellaires connées dans toute l'étendue de leur surface, et que ces feuilles n'enserrent entre elles, dans l'axe de la fleur, aucun corps étranger.

Mais, s'il en est ainsi, comment ces deux feuilles carpellaires, troisième paire de bractées du bourgeon femelle, dressées et confondues l'une avec l'autre dans toute l'étendue de leur surface de contact sans laisser entre elles de cavité ovarienne, vont-elles donner naissance aux corps reproducteurs ?

C'est dans la moitié inférieure du parenchyme central résultant de l'union cellulaire des deux faces supérieures planes des carpelles que les corps reproducteurs se développent ; souvent il en naît un pour chaque feuille ; quelquefois deux pour une feuille rapprochés l'un devant l'autre dans le plan de symétrie du carpelle, et un seul pour l'autre feuille ; plus rarement deux pour chaque carpelle, et alors ils sont tous les quatre dans le plan des deux nervures médianes.

Une cellule du parenchyme de la feuille, demeurée incolore pendant que les autres s'emplissaient de chlorophylle et de granules sombres, grandit beaucoup plus que les autres, et s'allongeant dans le sens de l'axe de la fleur, s'étend bientôt dans toute la moitié inférieure du carpelle. Elle est fortement renflée en haut et se rétrécit de plus en plus vers le bas ; elle n'est pas droite, mais sa partie supérieure s'incline fortement en dehors et vient presque toucher la nervure médiane. Les deux cellules

des deux feuilles sont donc voisines dans leur partie inférieure étroite et presque verticale, puis elles divergent assez brusquement dans le plan des nervures médianes. S'il y a deux cellules d'un même côté, elles sont toutes deux dans le plan de symétrie, et la plus extérieure s'incurve plus rapidement et s'élève moins haut.

Ces cellules ne sont autre chose que les sacs embryonnaires. Elles commencent à s'allonger en août, et je les ai vues le 22 novembre complétement développées, c'est-à-dire munies sous leur voûte supérieure de deux grosses et sombres vésicules protoplasmiques, et pourvues dans leur partie inférieure rétrécie de plusieurs cellules antipodes. Le 15 mars suivant, après la chute des sommets triangulaires libres des sépales, je les retrouve dans le même état. C'est sur ce sac embryonnaire, qui fait ainsi partie intégrante du parenchyme supérieur de la feuille carpellaire dont il n'est qu'une cellule plus développée que les autres, que le grain de pollen projeté sur le stigmate doit exercer son action. Pour cela, le tube pollinique émis doit, en l'absence de tout canal et de toute cavité intercarpellaire, pénétrer dans l'épaisseur même du parenchyme du stigmate et de la feuille, y descendre en s'insinuant entre les cellules, et venir enfin, après avoir traversé la moitié environ de la longueur de l'organe, se mettre en contact avec le sommet du sac embryonnaire, pour provoquer le développement d'une des vésicules protoplasmiques qui y sont appendues. Suivant M. Hofmeister, ce contact s'effectue seulement au commencement de mai; il faut donc près de deux mois au tube pollinique pour accomplir ce trajet (1).

Après la fécondation, le sac embryonnaire, d'abord en contact intime avec les petites cellules vertes qui l'enveloppent,

(1) Dans un milieu artificiel approprié, les premiers développements du pollen du Gui s'accomplissent aussi avec lenteur; il en est de même d'ailleurs chez le Noisetier, l'Aulne, les Pins, etc. Placées et maintenues dans de l'eau aérée à une température favorable, c'est-à-dire, comme nous l'avons établi par un travail spécial, dans les conditions nécessaires et suffisantes pour que le pollen se développe, les cellules polliniques du Gui se trouvaient encore parfaitement inaltérées au bout de six jours; le huitième jour seulement, les grains ont commencé à produire, au milieu d'une de leurs trois bandes lisses, un tube qui s'est allongé très-lentement les jours suivants.

s'isole peu à peu par suite de la résorption de ces cellules, et bientôt il se trouve libre dans une lacune pleine d'un liquide gommeux; puis cette résorption du parenchyme foliaire, gagnant de proche en proche, atteint la limite supérieure de la feuille, et les deux lacunes des deux carpelles se rejoignent au centre en une lacune unique étranglée en son milieu et en forme de 8. Au sein de cette lacune qui va toujours grandissant, les deux sacs embryonnaires ne s'accroissent d'abord que très-lentement, et le 20 juin ils sont encore fort petits, distincts l'un de l'autre, et flottants dans la cavité. Mais, plus tard, leurs progrès s'accélèrent, les deux sacs se gonflent; ils se réunissent et se soudent dans leur partie inférieure où ils sont droits et rapprochés, et ne demeurent libres que par leurs sommets divergents. Ils remplissent bientôt toute la lacune, c'est-à-dire tout l'espace compris entre les deux systèmes vasculaires des carpelles, et le corps aplati et cordiforme, qu'ils constituent par leur réunion, se trouve immédiatement revêtu par ce réseau vasculaire. Il arrive même que les sacs viennent à dépasser ce réseau par leur partie supérieure libre, et forment deux pointes saillantes en dehors.

Pendant que le sac s'accroît ainsi, l'embryon s'organise dans son intérieur, et en même temps un albumen puissant se développe tout autour de cet embryon en laissant seulement sa radicule à nu. Les deux albumens des deux sacs soudés forment donc une masse générale où sont plongés les deux embryons. Ceux-ci sont recourbés, ils ont pris la forme des sacs; dans leur partie inférieure droite, ils ont absorbé l'albumen compris entre eux et la paroi interne du sac; ils sont donc, comme les sacs eux-mêmes, accolés l'un à l'autre, et ce contact a lieu par le dos des cotylédons; dans leur partie supérieure, au contraire, les tigelles divergent, et sont séparées par l'albumen.

En même temps que ces transformations s'opèrent dans le parenchyme central, la pulpe visqueuse s'organise dans la zone externe, je veux dire dans le tissu vert qui sépare les systèmes vasculaires des quatre sépales de ceux des deux carpelles. Le parenchyme de cette région est d'abord vert et homogène;

mais, plus tard, certaines cellules formant deux bandes alternes avec les nervures médianes des carpelles deviennent incolores, se développent énormément dans le sens horizontal, et sécrètent la matière visqueuse. Sur la coupe transversale, ces cellules forment sur chaque côté aplati du noyau central un arc ou un croissant; ces deux croissants s'étendent peu à peu par leurs bords, et ils forment bientôt deux demi-enveloppes superposées aux faces aplaties du système vasculaire, et séparées derrière chaque nervure médiane par du parenchyme vert ordinaire ; enfin ces deux calottes se rejoignent, et enveloppent tout le noyau central. Cette pulpe appartient-elle aux sépales, et résulte-t-elle de la transformation de leur parenchyme supérieur, ou aux carpelles, et provient-elle de leur parenchyme inférieur ? Comme elle se forme tout aussi bien sous le dôme du fruit, au-dessus des points de séparation des quatre sépales, là où les carpelles sont seuls et libres, on doit en conclure qu'elle appartient à ces carpelles, et provient d'un développement du tissu de leur face inférieure qui commence sur les bords de la feuille pour s'étendre peu à peu jusqu'à la nervure médiane.

Enfin le fruit mûr se détache de la plante au moment de l'épanouissement des fleurs de la génération suivante, c'est-à-dire de mars en avril. Le noyau central, isolé de la pulpe visqueuse, et recouvert par un réseau vasculaire argenté, ce qu'on appelle, en un mot, la graine du Gui, est constitué : 1° par le système vasculaire des deux carpelles, dont les éléments sont réunis par une mince membrane; ce réseau se trouve isolé par la transformation en pulpe du parenchyme inférieur, et par la transformation en gomme et la résorption du parenchyme supérieur; 2° par les deux sacs embryonnaires soudés ensemble, et qui contiennent chacun un embryon et un albumen.

Cette structure symétrique du noyau est assez fréquente; mais souvent aussi il n'y a qu'un embryon, parce que l'un des deux sacs embryonnaires ne s'est pas développé après la fécondation; le noyau est alors dissymétrique, et la radicule pointe latéralement. D'autres fois il y a trois embryons, et le

noyau est encore dissymétrique ; deux radicules pointent sur une moitié, une seule sur l'autre : c'est que l'une des feuilles carpellaires a développé deux de ses cellules situées l'une devant l'autre dans le plan médian en sacs embryonnaires, tandis que l'autre n'en a formé qu'une. Rarement le noyau contient quatre embryons divergents dans le même plan, deux de chaque côté, et il est symétrique ; c'est que chaque feuille carpellaire a produit deux sacs dans son plan de symétrie, et que chaque sac a développé son embryon. On conçoit que, dans ces deux derniers cas, il peut y avoir avortement d'un ou de deux ou de trois sacs, ce qui produit une graine à deux ou à un seul embryon.

Cherchons maintenant à nous rendre compte de la manière dont l'embryon, c'est-à-dire la plante nouvelle, est orienté dans l'organisme floral, et par suite dans l'ensemble de la plante ancienne.

Les sacs embryonnaires, qu'il y en ait deux, trois ou quatre, ont tous leur axe courbe situé dans le plan des nervures médianes des bractées carpellaires de la troisième paire ; ce plan est transversal par rapport à la bractée mère de la fleur ; c'est dans ce plan que tous les sacs s'incurvent, et qu'ils divergent. L'embryon s'organise à l'intérieur du sac embryonnaire, de telle manière que son plan principal, c'est-à-dire le plan qui contient l'axe de sa tigelle et les nervures médianes de ses deux cotylédons, coïncide avec le plan de symétrie du sac, c'est-à-dire avec le plan où sont contenus les axes courbes de tous les sacs. Le plan des nervures médianes des bractées de la troisième paire contient donc les plans principaux de tous les embryons.

De plus, si nous suivons dans un embryon le développement relatif des deux cotylédons, nous voyons que l'un d'eux a une faible avance sur l'autre, et se trouve un peu plus grand que l'autre à la maturité : c'est le cotylédon tourné vers le centre, c'est-à-dire celui qui, dans le cas de deux embryons unis, est le siége du contact. Il est la première feuille de la plante nouvelle, l'autre n'en est que la seconde. Il en résulte que si nous regardons la bractée de la troisième paire comme la feuille mère de l'embryon renversé qu'elle développe dans une cellule du paren-

chyme de sa face supérieure, l'embryon se trouve avoir sa première feuille insérée sur la tigelle à 180 degrés de sa feuille mère. La divergence Δ des deux organismes, c'est-à-dire l'angle que fait sur sa tige la première feuille de l'être nouveau avec la dernière de l'être ancien, est $\Delta = 180$ degrés.

Ainsi les deux organismes successifs issus l'un de l'autre par fécondation, tout en ayant leurs systèmes vasculaires absolument indépendants, ont néanmoins l'un avec l'autre des rapports fixes de position, et la loi générale qui exprime ces rapports, et qui comprend le Gui comme cas particulier, est celle-ci : 1° L'être nouveau se forme tout entier dans une cellule d'une feuille de l'être ancien. 2° Le pôle radiculaire de l'axe nouveau est dirigé vers le sommet organique de la feuille, ou du lobe de feuille où il se constitue, son pôle caulinaire vers la base. 3° La première feuille qui se forme sur cet axe n'est pas en superposition avec la feuille mère, mais à une certaine distance horizontale Δ comptée sur l'axe nouveau, de sorte que la spirale foliaire passe de la tige ancienne à la tige nouvelle sans discontinuité. Dans le cas du Gui, cette distance est de 180 degrés.

Le dernier article de cette loi de position s'observe aussi quand on passe d'une branche au rameau né sur elle ; mais la valeur de la divergence de passage n'est pas nécessairement la même. Ainsi, pour le Gui, d'une feuille mère à la première feuille du rameau né à son aisselle, on a $\delta = 90°$, tandis que du carpelle au premier cotylédon, $\Delta = 180°$. La loi se conserve cependant, en ce sens que l'organisme nouveau, qu'il soit issu du premier par bourgeon et dépendant, ou par graine et libre, ne se superpose pas à l'ancien ; sa première feuille fait avec la dernière de l'être ancien un certain angle, et de l'un à l'autre la spirale foliaire continue sans interruption.

Tels sont les faits anatomiques et les rapports de position que nous avons observés en étudiant la fleur femelle, depuis ses premiers développements jusqu'à la mise en liberté de l'embryon qui s'organise dans son sein.

Le résultat principal qui s'en dégage s'exprime ainsi. Le sac embryonnaire est une cellule du parenchyme de la face supé-

rieure de la bractée de la troisième paire. Cette bractée, distincte de sa congénère pendant les premiers temps où leur allongement est terminal, ce qui fait les deux stigmates libres, est soulevée plus tard avec elle par un accroissement intercalaire portant sur leur base commune, d'où résulte une fusion de parenchyme entre leurs surfaces supérieures en contact, pareille à celle qui unit la face inférieure de ces feuilles aux appendices externes, et qui est due à la même cause. Chaque feuille produit au maximum deux sacs dans son plan de symétrie, souvent un seul.

Si nous comparons ce mode d'origine du corps reproducteur femelle avec celui du corps reproducteur mâle, nous y remarquerons un parallélisme, une équivalence qui peut s'exprimer dans les termes suivants : Un certain nombre de cellules du parenchyme de la face supérieure de la bractée florale mâle se développent plus que les autres, et, à la suite de deux générations cellulaires successives, chacune d'elles forme le pollen d'une logette. De même, un certain nombre de cellules du parenchyme de la face supérieure de la bractée florale femelle se développent plus que les autres, et par deux générations cellulaires successives, chacune d'elles produit la cellule dont le développement donnera l'embryon tout entier. Les différences entre l'origine des deux organes sexués ne sont que secondaires ; elles ne dépendent que : 1° du nombre de bractées florales qui présentent le phénomène, toutes les quatre également dans la fleur mâle, les deux dernières seulement parmi les six feuilles de la fleur femelle ; 2° du nombre de cellules qui se développent plus que les autres dans chaque feuille, dix à vingt par feuille mâle, une à deux seulement par feuille femelle ; 3° enfin, du mode de division ultérieure que suit chaque cellule pour accomplir la fonction spéciale qui lui est dévolue.

Revenons maintenant à la fleur femelle. Nous avons vu comment le sac embryonnaire naît dans chaque bractée de la troisième paire qu'on peut appeler un carpelle. Où donc est alors l'ovule du Gui? Il est réduit au sac embryonnaire, ou plutôt il

n'existe pas. Mais il convient, pour s'expliquer, de prendre les choses de plus loin.

Qu'est-ce en effet que l'ovule ? C'est un organisme complexe nettement séparé de son support, et qui a pour double fonction, d'une part d'entourer et de protéger immédiatement le sac embryonnaire, d'autre part de faciliter l'action de l'élément mâle en circonscrivant un canal extérieur, et en lui montrant ainsi le chemin qu'il doit suivre et le point exact où il doit frapper le sac pour le féconder. Si l'ovule n'a pas d'enveloppes, ce rôle conducteur du tube pollinique fait défaut ; mais le premier est toujours rempli, et l'ovule, réduit à son nucelle, subsiste encore.

Dans tous les cas qui me sont connus, l'ovule, ainsi défini, s'attache à une feuille appelée carpelle, sur ses bords, ou en un point quelconque de sa surface supérieure ou inférieure, ou à son sommet, ou à sa base, ou même sur une dépendance basilaire isolée du reste de la feuille. Dans tous les cas, la manière dont il s'insère sur cette feuille, c'est-à-dire dont il en tire ses éléments vasculaires, mais surtout la structure de ce système vasculaire qui ne possède jamais qu'un seul plan de symétrie, et où l'on observe les divers modes de nervation habituels aux feuilles, démontrent que l'ovule n'est pas un organe *sui generis*, ni un axe simple, ni un bourgeon, mais bien une simple dépendance de la feuille qui le porte, un lobe plus ou moins grand de la feuille carpellaire, transformé pour protéger le sac embryonnaire et aider à sa fécondation. Ce sac embryonnaire n'est donc pas autre chose, en définitive, qu'une simple cellule du parenchyme de la feuille carpellaire, autour de laquelle cette feuille se trouve modifiée localement pour former l'appareil qu'on appelle l'ovule. Cette cellule, plus développée que les autres, et appelée à d'autres destinées, toujours unique, d'ailleurs, dans un ovule, appartient dans l'immense majorité des cas au parenchyme de a face supérieure, ventrale, de la feuille carpellaire, c'est-à-dire de la face vers laquelle sont tournées les trachées de son réseau vasculaire ; mais dans d'autres cas bien déterminés, c'est au parenchyme de la face inférieure, dorsale ou libérienne de cette

feuille que le sac embryonnaire appartient (exemples : *Podocarpus* et autres Conifères, Cycadées) (1).

Dans la grande majorité des plantes, la feuille carpellaire, qu'elle soit ouverte ou fermée, libre ou associée à ses congénères, supère ou infère, joue ainsi, par rapport aux sacs embryonnaires, deux rôles distincts et qui concourent au même but. 1° Elle modifie la région de son tissu qui entoure chaque sac pour lui constituer un appareil devant servir à la fois d'abri protecteur et de canal pour diriger l'élément mâle sur le point critique du sac, un ovule en un mot. 2° Elle conserve sa région médiane à l'état foliacé, et en se repliant complétement, ou bien, si elle ne se ploie que très-peu, en s'associant à d'autres de son espèce, elle enveloppe tous les ovules d'un abri protecteur, en même temps qu'elle prolonge sa partie terminale en un tube évasé qui sert à la fois de sol pour le développement de la plantule mâle, et de canal pour la conduire dans la cavité qui enveloppe tous les ovules. Elle réalise ainsi à ces deux points de vue une sorte d'ovule général autour de ses ovules particuliers. Cet ovule général ou pistil est aux ovules particuliers ce que chacun de ceux-ci est au sac embryonnaire. La feuille carpellaire tout entière constitue un appareil protecteur à deux degrés pour le sac embryonnaire, et un système conducteur à deux degrés pour la cellule pollinique. L'ovule, répétons-le, est le produit d'une transformation locale du carpelle autour du sac; c'est un abri et un canal intermédiaires entre le sac et le carpelle.

C'est là le cas le plus général et l'organisation la plus perfectionnée ; la feuille femelle s'y partage également entre les deux fonctions carpellaire et ovulaire qu'elle doit remplir, et qui sont localisées dans des parties différentes de cette feuille, sans qu'il y ait aucune confusion entre elles.

Mais cette structure complète se transforme et se dégrade de deux manières différentes : c'est tantôt la partie carpellaire de la feuille, tantôt sa partie ovulaire qui se simplifie ; et dans

(1) Rappelons que dans les Conifères et les Cycadées, c'est aussi au parenchyme de la face inférieure, libérienne de la feuille mâle, qu'appartiennent les cellules génératrices du pollen.

les deux cas, cette simplification présente deux degrés qui se correspondent.

1° La feuille carpellaire consacre encore une partie de son tissu à former un ovule complet doué de ses deux fonctions ; elle enveloppe même encore cet ovule, mais elle ne se prolonge plus au-dessus de lui ; le sac embryonnaire a encore une double protection, mais il n'a plus qu'un simple conduit ovulaire qui s'offre immédiatement à l'élément mâle (exemple : les Gnétacées).

2° La feuille, non-seulement ne forme pas de conduit général, mais elle ne se replie même pas pour protéger les ovules, d'ailleurs bien développés ; les deux fonctions qu'elle remplit d'ordinaire manquent à la fois. Il y a toutefois des degrés secondaires dans cette simplification. Si la feuille carpellaire conserve une partie de son limbe non transformée autour des sacs qu'elle produit, elle pourra encore, bien qu'étalée et libre, en se combinant momentanément à des feuilles semblables, appartenant à des fleurs voisines, réaliser autour de ses ovules un abri d'emprunt (exemples : Abiétinées, Cupressinées, etc.). Mais si la portion carpellaire de la feuille diminue par rapport à la portion ovulaire jusqu'à ne plus former à cette dernière qu'un support ou pétiole long (*Ginkgo*), ou court (*Podocarpus*, *Phyllocladus*, *Taxus*, *Cephalotaxus*, *Torreya*, etc.), on pourra dire, surtout dans ce dernier cas, que la feuille femelle ne possédant plus de région carpellaire, est réduite à sa partie transformée en ovule, qu'elle s'est tout entière transformée en un ou deux ovules autour de son sac ou de ses deux sacs embryonnaires. Le carpelle a disparu, l'ovule seul demeure. Il n'y a plus autour du sac qu'un seul abri, et pour le pollen qu'un seul conduit : cet abri et ce conduit sont immédiats ; mais, de second ordre ou d'indirects qu'ils étaient, ils sont devenus de premier ordre et directs.

Ailleurs, la dégradation suit une marche en quelque sorte inverse ; elle frappe non le carpelle, mais l'ovule, et présente encore deux degrés qui correspondent aux deux précédents.

3° Chez certains végétaux, la feuille femelle développe sa région carpellaire dans ses deux parties et avec ses deux fonc-

tions ; elle se transforme encore autour du sac embryonnaire, pour former un milieu protecteur spécial ou ovule, mais plus simple que d'ordinaire. Cet ovule n'a pas de membrane enveloppante perforée, et par conséquent la fonction conductrice de l'appareil fait défaut ; il y a un premier abri et un premier conduit ; il y a un second abri, mais le second conduit manque, et la fécondation s'opère avec plus d'indétermination (exemples : certaines Rubiacées, *Hippuris*, etc.). Ce cas correspond en quelque sorte à celui des Gnétacées.

4° Chez d'autres plantes enfin, la localisation du tissu autour du sac embryonnaire ne se fait pas du tout ; celui-ci demeure plongé directement dans la masse du parenchyme de la feuille femelle. Tout organisme intermédiaire entre le sac et la feuille femelle tout entière a disparu ; et comme c'est précisément à cet organisme intermédiaire, à cette transformation spéciale de la région foliaire qui entoure le sac qu'on donne le nom d'ovule, il n'y a pas d'ovule dans ce cas ; la feuille femelle se réduit à sa partie carpellaire. De plus, elle ne se ploie pas pour former une cavité protectrice et un canal conducteur du pollen, puisque cette cavité et ce canal seraient sans objet. La feuille femelle forme un carpelle étalé sans ovule. Cette organisation est celle dont le Gui vient de nous montrer un intéressant exemple.

Elle nous offre un degré de simplicité qui, si l'on met à part la structure plus compliquée de la fleur, correspond entièrement à celui que l'on rencontre chez les Conifères dont nous parlions tout à l'heure, chez les *Podocarpus*, par exemple. Là la feuille femelle se transformait tout entière autour du sac en un organisme spécial, tout y était ovule ; ici aucune partie de la feuille femelle ne se modifie autour du sac, tout y est carpelle.

Toutefois, à cause de cette absence de formation intermédiaire entre le sac et le carpelle, de ce manque d'ovule, la dégradation nous paraît plus grande dans le Gui que chez les Conifères et que partout ailleurs, parce que la fécondation s'y opère dans des conditions plus indéterminées et plus désavantageuses. Partout ailleurs, en effet, le point où le sommet du sac embryonnaire est le plus rapproché de la surface de la feuille, le point, par

conséquent, où la plantule pollinique aura le moins de tissu à pénétrer, lui est désigné à l'avance par le fond du canal micropylaire, ou tout au moins par le sommet du nucelle ; jusqu'à ce point, le tube ne se développe qu'à la surface de la feuille sans s'y introduire. Dans le Gui, au contraire, le sac embryonnaire est profondément enfoui dans le parenchyme foliaire ; il faut, pour en atteindre le sommet, que le tube pollinique pénètre immédiatement dans l'épaisseur du tissu de la feuille, et y accomplisse, en vrai parasite, tout son développement.

En résumé, on voit que dans ce tableau général et symétrique des divers types d'organisation de la feuille femelle, le Gui trouve sa place marquée ; mais cette plante nous offre un intérêt tout particulier, parce qu'elle réalise une forme limite, dont elle est jusqu'à présent le seul exemple connu.

Un mot encore sur le phénomène de résorption qui précède le développement du sac embryonnaire. Quand il y a transformation de la région du limbe carpellaire autour du sac, c'est-à-dire lorsqu'il y a formation d'ovule, la portion du parenchyme foliaire circonscrit dans l'ovule suffit, en général, à la nutrition du sac embryonnaire qui se substitue à elle en la résorbant ; le parenchyme carpellaire général n'est pas entamé. Dans le Gui, au contraire, tout le tissu cellulaire de la face supérieure du carpelle est résorbé par le développement du sac ou des deux sacs qu'elle renferme, et cela se comprend, puisque la séparation ordinaire du parenchyme en partie ovulaire et en partie carpellaire n'a pas lieu. Mais ce fait sera encore mieux saisi si l'on réfléchit à la façon intermédiaire dont les choses se passent dans les Corylées et les Quercinées.

Le carpelle très-jeune de ces plantes forme un ovule sur son bord, après quoi il est soulevé par un grand accroissement intercalaire qui porte à la fois sur toutes les bases des carpelles et des divisions du périanthe. Dans toute cette nouvelle région, les carpelles sont donc connés entre eux comme ils le sont avec les appendices externes, et ils sont pleins ; il n'y a de loge ovarienne que dans le haut, tout autour de l'ovule. Après la fécondation, le sac embryonnaire a bien vite épuisé le parenchyme du lobe ovulaire qui était destiné à l'alimenter ; puis l'ovule grandit et

descend à travers le parenchyme du carpelle, qu'il résorbe à mesure jusqu'à ce qu'il remplisse toute la capacité de la feuille. Ici l'ovule ne se suffit donc pas à lui-même, il se nourrit aux dépens d'une partie du parenchyme carpellaire. Il y a une dépendance plus intime que dans les cas ordinaires entre les deux parties de la feuille femelle, et cette confusion partielle des deux fonctions annonce la manière dont les choses se passent dans le Gui.

En résumé, le sac embryonnaire du Gui, au lieu d'être entouré directement par un organisme spécial issu de la transformation de la région foliaire qui l'entoure, au lieu d'être une dépendance indirecte du carpelle, se trouve noyé au milieu du parenchyme de ce carpelle sans formation d'organe intermédiaire ; il en est une dépendance directe, l'ovule n'existe pas. La même confusion que nous avons remarquée en étudiant la fleur mâle entre les deux fonctions protectrice du bouton et formatrice du pollen qui s'y trouvent remplies par la même feuille, se remarque donc dans la fleur femelle où les fonctions exercées d'ordinaire par des régions différemment modifiées d'une feuille sont accomplies par un appendice homogène en toutes ses parties. Cette confusion des fonctions qui coïncide avec le parasitisme, et qui a lieu aussi bien pour les deux organes sexués, nous paraît le signe d'une profonde dégradation organique.

Tels sont les faits anatomiques et telle en est la signification.

Nous devons maintenant exposer, en terminant, les diverses opinions proposées par les auteurs qui ont étudié la fleur femelle du Gui.

Griffith (1) a le premier fait connaître le mode de développement de l'ovule dans le genre *Viscum*, en le comparant à celui du *Santalum* et du *Loranthus ;* mais ses observations faites à Calcutta sur les espèces indiennes montrent que les choses s'y passent tout autrement que dans notre Gui et qu'elles se rapprochent beaucoup de l'organisation du *Santalum* et du *Loranthus*. On en

(1) W. Griffith, *Sur le développement des ovules du Santalum album, du Loranthus et du Viscum* (*Linnæan Trans.*, XVIII, p. 71, et XIX, p. 171 ; *Ann. des sc. nat.*, 2e série, 1839, t. XI, p. 99).

jugera par les lignes suivantes : « Il y a, vers le sommet de l'ovaire, une cavité communiquant avec le canal qui conduit du stigmate ; elle renferme au centre un corps cellulaire, mammiforme, mais non papilleux, fixé par sa base élargie et dont le sommet touche presque la terminaison du canal. Il correspond inférieurement à une ligne opaque assez épaisse, parcourant tout le milieu de l'ovaire en partant de sa base ; cette ligne est dépourvue de vaisseaux et consiste simplement en un tissu dense. Plus tard il existe dans le corps mammiforme une légère excavation latérale, en partie occupée par des restes de tissu, en partie par un sac qui y est suspendu. Ce sac consiste en une cellule ayant un large point d'attache, et contenant plusieurs corps grumeux, ovales ou anguleux ; c'est le rudiment de l'ovule. » (*Ann.*, p. 109.)

Quoique la comparaison de cette structure avec celle de notre Gui ne soit pas possible, notons cependant que Griffith regarde le sac embryonnaire comme l'ovule rudimentaire de ces plantes ; pour lui, le corps mammiforme qui renferme le sac n'est pas l'ovule.

En même temps que Griffith dans l'Inde, M. Decaisne (1) étudiait à Paris la structure de la fleur femelle de notre Gui, et, quoique les termes où ce savant botaniste a exprimé ses conclusions soient fort différents des nôtres, il n'en est pas moins vrai que dans tous les points communs nos observations anatomiques viennent confirmer les siennes.

« L'ovaire se compose, dit M. Decaisne, d'une masse utriculaire verte, homogène, dans laquelle on ne distingue aucune cavité. Quelque temps avant l'épanouissement des fleurs, on voit deux très-petites lacunes se former vers la circonférence et au milieu du tissu utriculaire de l'ovaire ; après la fécondation, ces lacunes s'agrandissent et constituent en se rejoignant la cavité de l'endocarpe ; celui-ci n'existant pas avant l'anthèse, il en résulte que l'ovule se forme après la fécondation. Dans le principe, les trois ovules se présentent sous la forme de corpuscules renflés au sommet, composés d'une seule ou de plusieurs utricules

(1) Decaisne, mémoire cité.

superposées, et partant tous trois d'un même point, la base de l'endocarpe. L'ovule est réduit à son état le plus simple d'organisation, celui du nucelle. Lorsque les graines, à leur état de maturité, renferment plus d'un embryon, ce phénomène est dû à la soudure et au développement de l'un ou des deux ovules qui avortent ordinairement. L'enveloppe vasculaire verte qui est appliquée sur la graine à sa maturité fait partie du fruit : c'est l'endocarpe. La substance blanche et visqueuse est formée par le sarcocarpe, parcouru lui-même par un système vasculaire. » (Pages 52 et 53.)

Ce que M. Decaisne nomme nucelle, c'est un sac embryonnaire dans un état de développement plus ou moins avancé ; et son opinion sur la simplicité de l'ovule concorde avec celle de Griffith. M. Decaisne n'a pas observé l'état antérieur à la fécondation où ces sacs font partie intégrante du tissu homogène central ; il ne les décrit que quand ils sont libres dans la lacune produite par la résorption du tissu, et qu'il assimile à une cavité ovarienne ordinaire ; il en résulte que l'origine et la nature morphologique de ces corps lui échappent. D'autre part, comme l'attention de ce savant botaniste ne s'est pas portée sur le système vasculaire, le nombre des carpelles ainsi que la nature de leur dépendance entre eux et avec les feuilles extérieures sont demeurés incertains.

Plus tard M. Schleiden (1) a émis une opinion entièrement différente. Pour lui, toute la masse interne homogène est un ovule, terminaison de l'axe floral, dont le nucelle nu fait saillie au dehors et reçoit directement l'action du pollen. Il n'y a pas de feuilles carpellaires ; le Gui est gymnosperme, et son ovule nu est réduit au nucelle : cette dernière expression ayant ici un sens totalement différent de celui qui lui est attribué dans le mémoire de M. Decaisne. Ce qu'on retire de la pulpe visqueuse du fruit mûr, c'est une graine simple polyembryonnée. Cette manière de voir ne peut évidemment se soutenir devant les résultats de l'étude organogénique et anatomique de la fleur. Elle repose pourtant sur un fait exact, mais mal interprété, c'est-à-dire sur l'homogénéité et sur la continuité parfaite

(1) Schleiden, *Grundzüge*, 2e édition, II, p. 342, 1846.

du parenchyme intérieur depuis le stigmate jusqu'aux sacs embryonnaires.

Une troisième opinion différente des deux précédentes, mais qui tient à la fois de l'une et de l'autre, a été émise plus récemment par M. Hofmeister. Pour ce savant botaniste, la fleur femelle du Gui a, dans l'origine, deux feuilles carpellaires soudées bord à bord, et circonscrivant une cavité close, au fond de laquelle s'élève un ovule sans enveloppes, prolongement de l'axe enserré entre les deux carpelles ; mais bientôt carpelles et ovule s'unissent intimement sans qu'on puisse les distinguer désormais, et cette masse hétérogène forme le parenchyme central. C'est dans la portion de ce parenchyme qui appartient à l'ovule que se développent, exemple unique dans le règne végétal, trois sacs embryonnaires, pouvant constituer chacun un embryon. Je cite textuellement ce passage important : « Au milieu ou à la fin de juillet se montrent devant les folioles extérieures et les premières formées du périanthe, au sommet de l'axe floral, deux mamelons hémisphériques de tissu cellulaire : ce sont les carpelles. Entre eux se trouve une petite masse de tissu cellulaire, très-peu saillante, qui doit être considérée comme l'ovule unique, basilaire, dressé et nu du Gui. Les carpelles se soudent très-vite et aussi intimement que possible (*sehr bald aufs Innigste*) entre eux et avec l'ovule. Déjà au commencement d'août l'espace compris entre les quatre feuilles du périanthe paraît entièrement rempli d'une masse cellulaire hémisphérique et homogène, le stigmate, qui ne permet plus de reconnaître qu'il provient de trois parties originairement différentes (1). »

Je me suis appliqué avec le plus grand soin à rechercher ce petit mamelon si peu saillant et si fugitif que M. Hofmeister dit exister à l'origine entre les deux sommets des feuilles carpellaires, et toujours sans succès. D'autre part, les coupes transversales du stigmate pratiquées à diverses époques m'ont toujours permis de voir la structure binaire de cet organe dans toute sa partie supérieure. La réunion des deux stigmates, primitive-

(1) Hofmeister, *Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen* (*Pringsheim's Jahrbücher*, 1858, I, p. 113).

ment distincts, ne se fait donc pas si intimement que l'anatomie ne puisse y retrouver les deux parties constitutives ; s'il y en avait trois, les choses se passeraient autrement, et le troisième aussi se laisserait voir. Enfin, comme je l'ai dit plus haut, les sections longitudinales de la fleur femelle m'ont toujours permis de suivre le parenchyme central depuis le sommet du stigmate bilobé jusqu'entre les sacs embryonnaires, et de voir que les cellules y conservent la même forme, la même dimension, la même structure, la même disposition en séries verticales continues. On peut suivre la même file verticale de cellules depuis le stigmate jusqu'entre les sacs embryonnaires, ce qui, évidemment, n'aurait pas lieu si dans l'intervalle on passait d'un organe à un autre. Donc, aucune limite, aucune distinction dans ce parenchyme central ni de haut en bas, ni latéralement.

Un autre argument encore. Un pareil ovule si puissamment développé, aurait certainement, comme tous les gros ovules, tout réduit qu'on le suppose au nucelle, un système vasculaire propre, prolongement de celui de l'axe au-dessus de l'insertion des carpelles ; or, aucune branche vasculaire ne se rend à ce prétendu ovule orthotrope.

Je crois donc erronée l'opinion qui, en dehors des faits, paraît avoir été suggérée à M. Hofmeister par le désir bien légitime de faire disparaître l'étrangeté de structure de la fleur du Gui ; mais je remarque que cette simplification toute théorique n'est qu'illusoire, car, pour supprimer une singularité remarquable, elle introduit dans la question trois difficultés nouvelles en admettant l'existence d'ovules : 1° de nature axile ; 2° entièrement et de tout temps soudés aux carpelles qui les enveloppent ; 3° contenant plusieurs sacs embryonnaires dans le même nucelle : toutes circonstances que le Gui serait seul à présenter dans le règne végétal.

C'est donc, en définitive, l'opinion ancienne de MM. Griffith et Decaisne, convenablement complétée et modifiée, que les observations organogéniques et anatomiques contenues dans ce travail me conduisent à adopter pour expliquer la structure remarquable de la fleur femelle du Gui.

SUR LA FORMATION

DE GLAÇONS A L'INTÉRIEUR DES PLANTES,

Par M. Ed. PRILLIEUX.

(Présenté à l'Académie des sciences dans la séance du 21 février 1870.)

On sait que les plantes exposées au froid gèlent et qu'il se forme de la glace dans leur intérieur. Les parties souples et flexibles, telles que les feuilles, les tiges herbacées, etc., deviennent par la gelée rigides et friables ; elles craquent quand on cherche à les plier. Quand le froid cesse et que le dégel se produit, la glace contenue dans les tissus fond, et, dans certaines conditions, les plantes, après avoir été quelque temps un peu fanées, reprennent toute l'apparence de la santé et continuent à vivre sans paraître souffrir en rien de la congélation qu'elles ont subie. Il est donc bien certain que les sucs contenus dans les végétaux vivants peuvent se prendre en glace, au moins en partie, puis fondre sans causer de dommages sérieux aux organes qui les contiennent.

Il m'a paru intéressant de rechercher quelle forme prend la glace qui se produit ainsi dans les plantes, où et comment elle prend naissance.

On admet généralement que la glace se forme à l'intérieur des cellules ; mais c'est là, il faut bien le dire, une supposition qui peut sans doute paraître fort naturelle, mais qui devrait être constatée par expérience. Or, je n'ai pas connaissance qu'on ait jusqu'ici jamais pu voir de glace à l'intérieur des cellules ; au contraire, il y a longtemps déjà, Aubert du Petit-Thouars (1) a signalé l'existence de glaçons de grande taille dans les tissus

(1) *Sur les effets de la gelée sur les plantes.* (Ce mémoire est un fragment du *Verger français*. Paris, 1817.)

des plantes gelées, et il n'est guère possible d'admettre qu'ils pussent être contenus dans des cellules.

L'hiver dernier, j'ai observé dans les feuilles de l'*Iris germanica* la formation certaine de glaçons hors des cellules, dans les intervalles qui les séparent les unes des autres (1) ; mais la douceur de la saison ne m'a pas permis alors de continuer ces recherches. J'ai profité des froids de cet hiver pour reprendre cette étude, et j'ai pu reconnaître sur un très-grand nombre de plantes des faits analogues à ceux que j'avais observés sur l'*Iris germanica*.

Dans toutes les parties encore tendres et succulentes des plantes, dans les pétioles des feuilles, dans les bourgeons et les tiges herbacées, on peut, par un froid de 2 à 3 degrés, déjà observer de gros glaçons au milieu du tissu cellulaire, le plus souvent près de la surface, parfois plus profondément, dans le parenchyme cortical et très-souvent aussi dans la moelle.

Les pétioles des feuilles se prêtent fort bien à la constatation de ce fait, ils fournissent des exemples très-frappants et faciles à observer.

Que l'on regarde par la gelée un pétiole de Violette, de Consoude, de Chélidoine ou de toute autre plante dont la végétation continue durant l'hiver, on voit qu'il est gonflé et offre un aspect inaccoutumé : ainsi, au lieu de présenter à sa face supérieure une dépression en forme de rigole, il montre une saillie, une éminence allongée dans le sens du pétiole. Cela est extrêmement frappant sur les pétioles un peu gros, comme ceux de la Consoude. Si l'on enlève l'épiderme ou si l'on coupe transversalement le pétiole, on voit qu'à ces gonflements correspondent de grandes masses de glace, et que ce sont elles qui faisaient saillie en soulevant l'épiderme. Très-souvent on trouve dans les pétioles trois de ces grands glaçons situés près de la surface, l'un à la face supérieure, les deux autres symétriquement placés à droite et à gauche de la médiane, à la face inférieure. Ces glaçons s'étendent suivant la longueur du pétiole. Ils ne sont pas formés d'une

(1) Voy. *Bulletin de la Société botanique de France*, séance du 23 avril 1869.

masse homogène de glace, mais sont composés d'aiguilles de glace juxtaposées et toutes à peu près parallèles les unes aux autres. Elles sont disposées perpendiculairement à la surface et perpendiculairement aussi par conséquent à l'étendue du glaçon. Les glaçons ainsi constitués sont facilement friables. Dans le pétiole de la Rose trémière, qui est tout à fait arrondi, il se forme un seul glaçon ou cylindre complet de glace, dont on peut faire assez facilement une coupe transversale, quand on opère dehors par un froid un peu vif, avec des instruments refroidis. Le microscope permet alors de reconnaître bien nettement l'aspect des aiguilles de glace qui le composent (1). Elles sont allongées, disposées dans le sens du rayon ; leur forme, qui n'est pas bien nettement arrêtée, rappelle assez bien celle de colonnes de basalte, et elles sont ainsi pressées les unes contre les autres. Dans leur intérieur, on voit de petites bulles d'air qui se sont dégagées quand le liquide où cet air était dissous s'est congelé. Le plus souvent ces bulles sont très-fines et disposées en file dans le sens de la longueur de la colonne de glace ; parfois plusieurs petites bulles sont réunies en une sorte de grande bulle allongée. Ces aiguilles de glace formées à l'intérieur des tissus vivants sont tout à fait pareilles à celles qui composent la croûte de glace qui se forme à la surface d'une tranche d'un tissu succulent, tel que la racine de Betterave, par exemple, qu'on expose au froid en ayant soin de l'abriter contre une trop rapide évaporation (2).

Les aiguilles de glace qu'on trouve accumulées en grands glaçons dans les tissus vivants ne sont pas toujours aussi allongées que celles que m'ont présentées les pétioles de Rose trémière. Ainsi, dans la tige de l'*Evonymus japonicus*, par exemple, j'en ai observé qui n'étaient pas beaucoup plus longues que larges ; au contraire, dans d'autres plantes, telles que le *Conium*

(1) Voy. fig. 3.

(2) Ces formations de cristaux de glace ont été très-bien étudiées et décrites par M. J. Sachs, dans son important mémoire : *Krystallbildungen bei dem Gefrieren, etc.*, dans *Berichte über die Verhandl. der k. Sächs. Geselsh. der Wissenschaften zu Leipzig*, t. II.

maculatum et les pétioles de plusieurs autres Ombellifères, j'en ai vu de plus longues encore que celles de la Rose trémière. Du reste, entre les plus longues et les plus courtes, on rencontre toutes les transitions.

On trouve de grandes masses de glace très-voisines de la surface dans les pétioles et les jeunes tiges d'un très-grand nombre de plantes. Dans les tiges comme dans les pétioles, tantôt elles sont isolées et disposées autour de l'axe, tantôt elles forment un cylindre complet de glace. Ainsi, on voit cinq grands glaçons sur les jeunes tiges de *Senecio crassifolius ;* on en observe quatre très-régulièrement disposés dans les tiges des Labiées, de même dans celle de l'Ortie. Dans la tige du *Scrophularia variegata*, on trouve un cylindre complet de glace près de l'épiderme. Les glaçons sont plus ou moins rapprochés de la surface ; parfois ils sont recouverts seulement par l'épiderme ou par l'épiderme et une seule rangée de parenchyme sous-jacent : c'est ce qu'on voit, par exemple, dans le pétiole du *Symphytum tauricum*, des *Centaurea sonchifolia* et *sempervirens*, du *Senecio crassifolius*, etc. D'autres fois à l'épiderme restent jointes deux ou trois assises de parenchyme (par exemple, pétiole du *Glaucium flavum*) ou un plus grand nombre ; c'est ce qu'on voit dans un grand nombre de tiges qui ont un cylindre de glace situé assez profondément et recouvert par une lame plus ou moins épaisse de parenchyme cortical : telles sont les tiges d'*Evonymus japonicus*, de Lierre, etc., et aussi du *Scrophularia variegata*, où, au-dessous du cylindre de glace très-voisin de l'épiderme, on voit un deuxième cylindre de glace au-dessous du parenchyme cortical, près du bois.

Les pétioles présentent aussi des dispositions analogues : ainsi, dans les *Verbascum*, outre les trois grands glaçons placés au-dessous de l'épiderme, on trouve une masse de glace qui entoure les faisceaux ligneux.

Souvent, au lieu de former, soit un cylindre complet, soit un petit nombre de très-grandes pièces toutes placées à la même distance de la surface, les glaçons sont isolés en plus grand nombre à des profondeurs différentes, séparés les uns des autres

par quelques assises de cellules et répartis dans tout le parenchyme cortical. C'est ce qu'on voit, par exemple, dans la tige de la grande Pervenche : sur une coupe, le parenchyme cortical semble former un réseau dont les mailles sont occupées par des glaçons. Les tiges de *Cheiranthus Cheiri*, de *Sambucus nigra*, d'*Aucuba japonica*, de *Daphne Laureola*, offrent la même disposition.

Dans les tiges, la moelle se trouve aussi très-souvent remplie de nombreux glaçons formés dans les lacunes qui se produisent entre les cellules. Ces glaçons sont souvent si abondants, qu'ils semblent occuper la place entière de la moelle, comme on le voit, par exemple, dans les tiges de Bourrache et de Consoude. De même, dans les pétioles où les faisceaux fibro-vasculaires sont disposés en cercle autour du parenchyme, il se forme dans ce parenchyme interne des lacunes pleines de glace : on en peut citer comme exemple les pétioles d'*Onopordon acaule*, de *Cynara Scolymus* et *Carduncellus*, de beaucoup d'Ombellifères, etc.

Parfois les masses de glace qui se forment dans les plantes prennent un tel développement, qu'elles rompent les tissus qui les entourent. Cela est surtout frappant pour les grands glaçons superficiels qui, à force de grossir, déchirent l'épiderme et une partie de l'écorce, et se montrent à l'extérieur à travers les débris des tissus qui les recouvraient. C'est ce que j'ai observé, par exemple, sur les tiges du *Nonea flavescens*. Les tiges d'*Hortensia* saisies par le froid en pleine végétation et couvertes de feuilles, au commencement de l'hiver, m'ont fourni un autre exemple plus frappant encore. Les jeunes pousses, encore vertes, étaient gonflées par la glace ; elles présentaient toutes dans le parenchyme cortical de grandes masses de glace qui soulevaient l'épiderme. Sur quelques-unes d'entre elles on en voyait quatre faire autour de la tige une saillie telle, qu'elles avaient crevé l'écorce et qu'elles formaient quatre grandes crêtes de glace qui sortaient à travers les lambeaux du tissu déchiré.

Ce que j'ai observé ici dans l'*Hortensia* n'est évidemment que le développement extrêmement considérable, dû à des conditions particulières, des glaçons qui, à chaque gelée, se forment

dans les plantes vivantes. Des cas analogues, mais plus remarquables encore, ont été signalés à cause de leur singularité, dans divers pays. sur des plantes saisies par le froid en pleine végétation. C'est ainsi que Dunal vit dans le jardin de Montpellier des tiges de Labiées exotiques montrer quatre grandes lames de glace striées d'environ un pouce de largeur qui sortaient de la tige à travers les lambeaux de l'écorce. Or, les tiges des Labiées, comme je l'ai constaté sur un grand nombre d'espèces, présentent, chaque fois qu'elles gèlent, quatre grands glaçons superficiels, formés d'aiguilles de glace perpendiculaires à la surface. Que ces aiguilles continuent à croître d'une façon excessive, elles déchirent l'écorce, et forment quatre lames de glace striées dans le sens de leur largeur, telles que les a observées Dunal. Je pense qu'une explication semblable doit être donné pour d'autres faits analogues et déjà nombreux qui ont été décrits par divers observateurs et bien résumés et étudiés par M. Caspary, dans un travail très-consciencieux qu'il a publié sur ce sujet (1). Ils doivent, à mon avis, être rapprochés des faits moins frappants, mais très-généraux et très-constants, que je signale aujourd'hui, et dont l'ensemble démontre que la formation de glaçons dans les tissus vivants, sous l'action de la gelée, est un phénomène normal.

Après tout ce qui précède, il est inutile d'insister pour établir que les grandes masses de glace qu'on observe dans les plantes sont placées hors des cellules : la comparaison de la taille des unes et des autres rend cela bien évident ; mais on peut néanmoins se demander si les cellules qui entourent les espaces où la place s'accumule sont intactes ou déchirées. Si elles sont intactes, il faudra bien admettre que la glace n'a pas rompu les parois des cellules, qu'elle a bien réellement pris naissance en dehors d'elles, et que, par conséquent, les matières qui ont produit les glaçons sont sorties des tissus voisins à l'état liquide pour aller se congeler dans des places déterminées. L'examen microscopique des tissus met ce fait en parfaite évi-

(1) Voy. *Bot. Zeitung*, 1854, p. 665 et suiv. Voyez aussi ma communication à la Société botanique, citée plus haut.

dence. On s'en peut former une idée en jetant les yeux sur les figures jointes à ce mémoire.

Les lacunes où les masses de glace se forment et se développent de façon à atteindre un volume parfois si considérable, sont limitées par des cellules intactes ; les cellules du parenchyme où se forment les lacunes sont décollées, séparées les unes des autres, mais non déchirées. Sans doute, sous l'action du froid, les cellules se retirent sur elles-mêmes, en même temps qu'une partie du liquide qu'elles contenaient en sort, et il se forme ainsi entre les cellules des intervalles dans lesquels les aiguilles de glace se forment.

En faisant des coupes minces de tissus gelés, on peut déjà bien s'assurer que les espaces où l'on observe les glaçons sont bordés par des cellules dont les parois sont intactes ; mais on le voit mieux encore sur les tissus dégelés, et là l'observation est plus commode et peut se faire d'une façon plus suivie qu'en plein air, à une température de — 3° à — 5°. L'examen des tissus dégelés donne sur la structure des parties gelées les mêmes renseignements que l'observation directe. J'ai fait l'un et l'autre, et toujours en étudiant après le dégel une plante qui avait été gelée, j'ai pu reconnaître à coup sûr en quel point s'étaient formées les masses de glace. Du reste, j'ai toujours vérifié les faits que j'avais ainsi reconnus indirectement, et constaté la présence de masses de glace dans les places où j'avais observé des lacunes après que les glaçons étaient fondus. Cette observation est particulièrement applicable aux figures jointes à ce travail et dans lesquelles sont représentées les lacunes que la gelée a creusées dans les tissus et qui ont été occupées par des masses de glace.

Il ressort de ce qui précède plusieurs faits généraux qui me paraissent avoir quelque importance pour la connaissance du mode d'action de la gelée sur les plantes, et que je résumerai brièvement en terminant.

1° Sous l'influence du froid, de la glace se produit dans les tissus végétaux et forme de grands glaçons composés d'aiguilles de glace juxtaposées.

2° Ces glaçons se déposent dans des espaces qui se forment au milieu des tissus entre les cellules, qui se séparent les unes des autres sans se déchirer. Les cellules qui bordent les lacunes où la glace se forme sont intactes.

3° Parfois, cependant, la production de masses de glace se fait avec une telle intensité, que les lacunes où elles se déposent deviennent trop étroites pour les contenir : en augmentant toujours de volume, les glaçons finissent par déchirer les tissus qui les entourent et font souvent saillie au dehors à travers les lambeaux de l'écorce.

4° Il résulte du fait constaté de la formation de glaçons dans des lacunes entourées de cellules entières et non déchirées, que les sucs qui, en se congelant, forment les aiguilles de glace dont sont composés les glaçons, sont sortis des cellules sous forme de liquide.

5° Il en résulte encore que la sortie des liquides des cellules et leur accumulation dans les espaces intercellulaires sont antérieures et non postérieures à la congélation. Par conséquent, il n'est pas nécessaire, pour expliquer les phénomènes que présentent les organes gelés au moment du dégel, tels que la mollesse des tissus, la fanaison des feuilles, la présence des liquides dans les espaces intercellulaires et la facilité avec laquelle la moindre pression les fait couler au dehors, de supposer que les membranes cellulaires altérées par la gelée laissent filtrer après le dégel le liquide qu'elles contiennent, puisque le liquide sort des cellules avant la formation des glaçons, et non après le dégel.

6° La formation au milieu des tissus vivants de lacunes où se déposent les amas de glace ne cause pas d'ordinaire de dommage notable aux plantes ; on en trouve de très-grandes et de très-nombreuses dans des espèces qui ne souffrent pas du tout de la gelée.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHES 15-16.

Fig. 1. Coupe d'un pétiole de *Verbascum vernale*, après le dégel. Les lacunes qui étaient remplies de glace se voient très-nettement ; on en observe trois près de la surface et d'autres vers le centre autour du faisceau ligneux.

Fig. 2. Coupe plus grossie du tissu cellulaire desagrégé par l'action de la gelée. Entre les cellules se sont formés des espaces que remplissaient des amas de glace.

Fig. 3. Aiguilles de glace composant un grand glaçon qui occupe tout le pourtour des pétioles de Rose trémière. Les aiguilles de glace portent à leur intérieur des files de bulles d'air qui se sont dégagées quand le liquide où elles étaient dissoutes s'est solidifié.

Fig. 4. Pétiole de *Symphytum tauricum* montrant trois très-grandes lacunes superficielles qui étaient remplies de glace.

Fig. 5. Parenchyme désagrégé par la glace pris sur le même pétiole. On voit que les cellules sont dissociées et non déchirées, et que les lacunes où s'amasse la glace sont limitées par des cellules à parois intactes.

Fig. 6. Portion de lacune formée par la gelée dans le tissu cellulaire d'une tige de *Senecio crassifolius*.

Fig. 7. Coupe d'un pétiole de *Centaurea sempervirens*. On y voit deux très-grandes lacunes superficielles à la face inférieure, et à la face supérieure une lacune qui pénètre plus profondément dans l'intérieur du tissu.

Fig. 8. Coupe d'une portion d'une des lacunes superficielle du même pétiole, montrant l'intégrité des cellules qui la bordent.

Fig. 9. Coupe d'une tige gelée de *Lamium flexuosum* On y voit quatre lacunes superficielles et une lacune centrale irrégulière dans la moelle.

Fig. 10. Coupe d'une tige d'*Evonymus japonicus*, montrant une grande lacune circulaire dans laquelle s'était déposé un cylindre complet de glace.

Fig. 11. Coupe d'une tige d'*Urtica dioica*, présentant quatre lacunes superficielles et une lacune centrale dans la moelle.

Fig. 12. Coupe d'une tige d'*Hortensia*, montrant une lacune superficielle dans le parenchyme cortical.

Fig. 13. Coupe d'une tige de *Scrophularia variegata*, montrant deux lacunes, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la couche herbacée du parenchyme cortical.

Fig. 14. Coupe d'une tige d'*Anchusa undulata*, offrant cinq lacunes superficielles dans le parenchyme cortical, et de grandes lacunes dans le parenchyme médullaire où se montraient de très-grands amas de glace.

Fig. 15. Coupe d'une lacune superficielle sous-épidermique observée sur le pétiole du *Centaurea sonchifolia.*

Fig. 16. Coupe du pétiole du *Chelidonium quercifolium,* montrant trois grandes lacunes que remplissaient des masses de glace très-volumineuses.

Fig. 17. Coupe de pétiole de *Glaucium flavum*, montrant à la partie inférieure deux lacunes superficielles, et à la partie supérieure une très-grande lacune pénétrant jusque dans l'intervalle des faisceaux ligneux.

Fig. 18. Coupe d'une des lacunes superficielles du même pétiole.

EXPÉRIENCES

SUR

LES PLAIES DE L'ÉCORCE PAR INCISIONS ANNULAIRES,

ET SUR LEURS EFFETS SUIVANT DIVERSES CONDITIONS PHYSIOLOGIQUES

Par M. E. FAIVRE.

Le Mûrier et les autres arbres à latex n'ont point encore été, à notre connaissance, l'objet d'études spéciales, en ce qui regarde l'incision annulaire : si cette dernière opération a été souvent exécutée chez d'autres végétaux, elle n'y a guère été examinée au point de vue de la détermination des conditions multiples qui en varient singulièrement les effets.

Au point de vue industriel, Buffon a indiqué l'annélation comme moyen d'accroître la solidité et la durée du bois.

Au point de vue horticole, l'annélation a été pratiquée, soit dans le but de rendre la floraison et la fructification plus abondantes ou plus hâtives, soit dans le but de favoriser la production des racines, ou d'étudier les effets produits par les plaies de l'écorce.

Au point de vue physiologique, l'incision a souvent occupé les botanistes, parce qu'elle se lie aux questions importantes de la circulation, de la nutrition, de l'accroissement chez les végétaux.

Dans ce travail, nous avons surtout pour but de rechercher les effets généraux et locaux des incisions sur les organes végétatifs, de fixer expérimentalement quelques-unes des conditions multiples qui déterminent l'opération en réglant les effets qui peuvent permettre de les prévoir et de les diriger. Nous avons pensé que ces recherches pourraient ajouter quelques données

utiles aux travaux publiés sur la question par Buffon (1), Duhamel (2), du Petit-Thouars (3), Pollini (4), Gaudichaud (5), Trécul (6), Niven (7), Knight (8), Lindley (9), Hanstein (10), et divers autres horticulteurs et botanistes.

I

Nos expériences ont porté spécialement sur le Mûrier. En bornant ainsi les investigations, nous avons eu pour but de les rendre plus précises, plus complètes et plus sûres.

L'incision annulaire consiste, comme on sait, dans la pratique d'une double incision et l'ablation de la zone d'écorce intermédiaire ; par suite de cette opération, l'aubier est mis à nu, et il s'écoule chez le Mûrier, des couches libériennes incisées, une certaine quantité de latex.

L'ablation de l'anneau d'écorce détermine un ensemble de manifestations qu'il importe de faire connaître avant d'analyser les circonstances qui les modifient.

Ces manifestations sont générales ou locales.

Générales, elles portent sur l'ensemble de la plante, et notamment sur les parties supérieures à l'incision ; locales, elles se traduisent par des changements apportés aux lèvres de la plaie ou à la partie dénudée de celle-ci.

Dans les conditions ordinaires, la perturbation générale se traduit comme il suit :

Au début, impulsion imprimée à l'activité végétative au-des-

(1) Buffon, *Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1738.
(2) Duhamel, *Physique des arbres*, t. II, p. 50.
(3) Du Petit-Thouars, *Douzième exercice sur la végétation*, p. 255, etc.
(4) Pollini, *Saggio di osserv. di sperienz.*, etc. Vérone, 1815.
(5) Gaudichaud, *Comptes rendus*, 31 mai 1852, et 7 mars 1853.
(6) Trécul, *Annales des sciences naturelles*, 1855, t. III, p. 341.
(7) Niven, *Gardener's Magazine*, vol. XIV.
(8) Knight, *Phil. Trans.*, 1803, p. 277, et 1806, p. 183.
(9) Lindley, *Théorie de l'horticulture*, traduction française, 1841, p. 40, 300, etc.
(10) Hanstein, *Pringsheim's Jahrbücher*, 1860, p. 391, 464.

sus de l'incision; les pousses semblent plus rapides; les fleurs, les fruits, acquièrent un développement plus hâtif et plus complet. La pratique a utilisé ces effets : c'est ainsi que l'incision faite au-dessous des grappes de la Vigne favorise notablement l'accroissement des raisins. Ceux-ci sont moins volumineux et plus lents à mûrir au-dessous des parties incisées.

Après l'opération, les phénomènes se modifient. En un temps très-court, s'il s'agit de branches peu volumineuses, plus long, s'il s'agit de branches d'un notable diamètre, l'activité végétative diminue au-dessus des parties incisées; successivement, les feuilles jaunissent et sèchent, le bois s'altère. Enfin, la destruction des parties supérieures à l'incision est la conséquence fatale des opérations pratiquées.

Les parties opérées subissent les modifications suivantes :

Le bois mis à nu s'altère; sous la lèvre inférieure de la plaie, les jeunes pousses s'allongent, les bourgeons s'épanouissent. Au pourtour de la lèvre supérieure se forme un bourrelet, dont le développement peut être assez considérable, pour que la partie dénudée soit protégée et recouverte; dans certaines conditions, l'aubier mis à nu se recouvre de granulations formant couche protectrice.

Au-dessus des parties opérées, l'aubier s'accroît en diamètre d'une manière remarquable. Les couches ligneuses, comme l'ont constaté Buffon, Knight et autres observateurs, prennent, chez les branches d'un fort diamètre, une consistance, une densité considérables. Au-dessous de l'annélation, la partie opérée reste stationnaire ou s'accroît peu, et c'est seulement par exception qu'on peut constater à la lèvre inférieure la formation d'un bourrelet.

Ces manifestations générales et locales dont nous venons de résumer l'ensemble seront mieux comprises, si nous rapportons quelques expériences.

Expérience I[re], 15 mai 1864. — Incision annulaire d'un centimètre pratiquée au sommet du tronc d'un jeune Mûrier, près

de la région d'où partent des branches nombreuses et feuillées : écoulement abondant du latex.

L'incision est laissée à l'air libre.

Du 15 mai au 17 juin, un bourrelet est formé à la lèvre supérieure, prenant un accroissement rapide de haut en bas, et s'unissant à une légère excroissance formée à la lèvre inférieure. Il a réparé et cicatrisé la plaie ; la végétation est très-active au-dessus de l'incision ; le tissu réparateur du bourrelet est enlevé.

1er juillet. — Formation d'un nouveau bourrelet en dedans de la lèvre supérieure.

12 août. — La végétation réparatrice a lentement continué à accroître le bourrelet; l'arbre, jusqu'alors vigoureux au-dessus de l'incision, perd notablement de son activité végétative.

24 septembre. — Les feuilles sont jaunes, flétries, en partie tombées. Le bourrelet est demeuré stationnaire.

21 octobre. — Le bourrelet, toujours dans le même état, ne suffit pas à recouvrir la portion dénudée de l'écorce ; au-dessus de l'incision, le végétal, dépouillé de feuilles, paraît visiblement altéré dans la nature et la couleur du bois des rameaux.

Au printemps suivant, alors que les Mûriers normaux se couvrent de feuilles, le Mûrier opéré ne donne plus signe de végétation : la partie supérieure à l'incision est entièrement détruite.

*Expérience II*e, 1er juillet 1864. — On pratique une incision annulaire d'un centimètre au sommet d'un tronc de Mûrier bien pourvu de branches et de feuilles : abondant écoulement de latex, surtout à la lèvre supérieure ; la plaie n'est pas recouverte.

15 juillet. — Un bourrelet réparateur a commencé à se former à la lèvre supérieure en dedans de l'écorce.

12 août. — Le bourrelet s'est développé, et la tige est sensiblement plus volumineuse au-dessus qu'au-dessous de l'incision. En effet, tandis qu'au-dessous la circonférence de la lèvre inférieure mesure comme primitivement 0m,082, celle de la lèvre supérieure mesure 0m,092. Pousse vigoureuse de la cime.

24 septembre. — La végétation est très-ralentie au-dessus de l'incision ; les feuilles jaunissent et tombent ; le bois est dur et sec.

21 octobre. — Les feuilles sont tombées, la vie semble abolie au-dessus de l'incision.

Avril 1865. — Aucune manifestation végétative au-dessus de l'incision ; au contraire, la séve monte et s'accumule au-dessous : il s'y produit un développement énorme et des pousses vigoureuses.

Tels sont les effets ordinaires de l'incision. Ils ne diffèrent point d'une manière générale, soit qu'on exécute l'opération sur des troncs, des branches ou même des boutures de rameaux. Dans ce dernier cas, comme des expériences réitérées nous l'ont appris, la végétation est active au-dessus de la partie opérée ; il peut se former un bourrelet, une exsudation, mais la permanence de la vitalité n'est jamais réalisée au-dessus de la partie soumise à la décortication.

Les conséquences de l'opération sont les mêmes quant à la marche générale, qu'on opère sur des Mûriers pourvus de latex, ou qu'on opère sur des plantes ligneuses dépourvues de sucs colorés ; dans les deux cas, la production du bourrelet, l'accroissement en diamètre au-dessus de l'incision, la mort, après un temps plus ou moins long, sont les manifestations les plus constantes. C'est ce qui résulte des nombreuses observations déjà faites, et en particulier des expériences de M. Trécul (1).

Nous n'insisterons pas davantage sur les effets généraux, bien connus d'ailleurs, des incisions annulaires. Le but spécial de ce travail est de déterminer les circonstances multiples qui modifient ces effets, les diversifient, les expliquent, et nous mettent ainsi en quelque façon en possession des phénomènes.

Il découle de cette étude des conséquences théoriques et pratiques dont on comprendra l'intérêt.

(1) *Comptes rendus*, 1855, p. 574, et *Ann. des sc. nat.*, 1855, t. III.

II

Les effets consécutifs aux incisions annulaires sont modifiés par les circonstances suivantes :

A. Époque à laquelle l'opération a été pratiquée.

B. Parties du végétal sur lesquelles on a opéré.

C. Présence et nombre des feuilles.

D. Age et nature des branches ; étendue et profondeur des parties incisées.

E. Dispositions variées données aux incisions.

F. Conditions dans lesquelles est mise la plaie consécutivement aux opérations pratiquées.

G. Nature et constitution des végétaux opérés.

A. *Influence de l'époque à laquelle l'annélation est pratiquée.* — Depuis la chute des feuilles jusqu'au moment de leur renouvellement, les incisions restent sans effets immédiats; pas de grossissement, pas de formation de bourrelet à cette époque d'inaction végétative ; le bois mis à nu est altéré, et, au printemps suivant, les parties supérieures, ne recevant plus de séve, ne sauraient continuer à vivre : dans ces conditions, l'action du milieu extérieur sur la plaie peut seule expliquer les effets produits.

Un arbre incisé avant la chute des feuilles, mais alors que la végétation se ralentit, se trouve dans de semblables conditions d'inertie végétative; c'est ce que nous a appris l'expérience suivante :

Incision pratiquée, le 15 septembre 1867, sur une branche de deux ans choisie sur un Mûrier vigoureux. — Le 15 octobre, nous constatons que, malgré la permanence des feuilles, la branche opérée n'a pas grossi, et que nul bourrelet ne s'y est formé.

A la fin de l'automne 1861, nous opérons un tronc de Mûrie

à sa partie supérieure. Au printemps suivant, la végétation s'est manifestée partout, excepté dans les parties supérieures à l'incision ; celles-ci sont lentement détruites, sans qu'il se soit formé ni bourrelet, ni grossissement.

Le 20 mars 1867, on opère une pousse de l'année précédente. Le 27 avril, alors que les feuilles sont partout développées, on observe qu'elles ne le sont point au-dessus de l'anneau d'écorce enlevée ; au dessous, au contraire, il s'est produit de vigoureux bourgeons. Le 10 mai, la portion supérieure à l'incision est détruite.

En joignant les observations ci-dessus à celles rapportées précédemment, et faites sur les arbres en pleine activité végétative, nous arrivons aux résultats suivants :

La formation du tissu réparateur (bourrelet) et le grossissement au-dessus de l'incision sont essentiellement liés à l'état de la végétation, soit naturelle, soit même artificiellement provoquée.

Pendant la période d'inactivité végétative, ni bourrelet, ni grossissement, mais altération du jeune bois mis à nu, et consécutivement destruction des parties supérieures.

Pendant la belle saison, à partir du printemps, les effets ordinaires des incisions se produisent aisément, régulièrement ; leur réalisation est une preuve de l'activité, de la continuité de la circulation pendant toute la durée de la période végétative.

Nous ne devons pas omettre de rapporter ici les observations de M. Trécul sur l'influence de l'époque, quant aux effets des annélations pratiquées. Suivant cet expérimentateur, si une opération est faite au début du printemps, le végétal survivrait beaucoup plus longtemps que dans le cas où elle aurait été exécutée plus tardivement, au mois de juin par exemple ; elle aurait dans cette condition plus de gravité.

B. *Les incisions annulaires donnent-elles les mêmes résultats sur les parties souterraines et aériennes du végétal?* — Voici à cet égard ce que les expériences nous ont appris :

Expérience Ire, 1er mai 1865. — On pratique sur une volumineuse racine une incision de 2 centimètres ; la partie incisée est simplement recouverte de terre ; la circonférence de chaque lèvre mesure 80 millimètres.

6 juin. — Accroissement déjà notable à la partie supérieure ; il s'y est formé un bourrelet très-manifeste.

8 juillet. — Le bourrelet s'est développé : de son tissu sortent des fibres radicales de plus d'un décimètre de longueur ; un suc incolore les remplit. A cette époque, la circonférence de la lèvre supérieure mesure un décimètre ; celle de la lèvre inférieure, 80 millimètres seulement.

Le 22 août, les fibres radicales émanant du bourrelet de la lèvre supérieure sont bien développées, et forment un abondant chevelu. La portion de la racine située au-dessous de l'incision a cessé de vivre.

Expérience IIe, 15 mai 1864. — Incision annulaire sur une forte racine de Mûrier. 17 juin, la lèvre supérieure a pris une notable croissance ; il s'est formé de haut en bas, à la face interne de l'écorce, une couche réparatrice, dont nous pratiquons en partie l'ablation.

1er juillet. — Du bourrelet de la lèvre supérieure naissent de jeunes radicelles.

Du 15 juin au 12 août, la croissance de ces radicelles marche rapidement ; tout développement a cessé dans les parties situées au-dessous de l'incision.

24 septembre. — Développement de plus en plus marqué du bourrelet, accru, depuis le commencement d'août, de près de 12 millimètres. L'arbre, dont une des branches radicales est ainsi opérée, manifeste une notable activité végétative, dont témoignent la vigueur des pousses et l'état des feuilles. En octobre, la croissance continue au-dessus de l'incision.

Des mesures prises à plusieurs des époques dont il vient d'être question nous permettront de faire ressortir, par le tableau suivant, la marche de la croissance :

Dates de l'observation.	Circonférence de la racine à la lèvre supérieure de l'incision.	Circonférence de la racine à la lèvre inférieure.
15 mai...........	0,083 millim.	0,083
17 juin...........	0,095	0,083
12 août...........	0,112	»
21 octobre.........	0,120	»

Cette expérience et la précédente montrent qu'à la suite des incisions, les choses se passent sur les racines comme sur les tiges, d'une manière générale : bourrelet à la lèvre supérieure, notable grossissement de la racine en haut du bourrelet, formation de nouvelles fibres radicales à la lèvre supérieure; destruction de la partie inférieure à l'annélation. A certains points de vue cependant, l'opération diffère, suivant qu'elle est pratiquée sur la tige ou la racine. Dans le cas d'incisions faites à la tige, la destruction atteint la partie sur laquelle s'est constituée le bourrelet ; c'est l'inverse pour les opérations exécutées sur la racine, bien que, dans les deux cas, la destruction porte toujours sur les parties périphériques.

En réfléchissant à la marche des phénomènes, on voit encore que la destruction des parties est amenée sur les tiges et les racines, à la suite d'incisions, par des mécanismes différents. Sur la tige et les rameaux, les parties meurent au-dessus de l'incision, comme si la séve ascendante était impuissante à leur parvenir ; chez les racines, les parties meurent au contraire au-dessous de l'incision, comme si elles étaient privées d'une séve assimilable qu'elles reçoivent des régions supérieures. La preuve de l'existence du fluide nourricier est fournie, et par la formation du tissu réparateur, et par le développement actif de la racine au-dessus de l'incision. Ces phénomènes laissent peu de doutes sur la réalité des mouvements séveux ascendants et descendants, et il est difficile de ne pas conclure, de la marche et de la disposition des bourrelets, à la direction descendante d'un liquide nourricier. Si nous observons, en outre, que les effets reproduits ont été les mêmes, — sauf l'activité de la croissance, — à quelque époque de la saison végétative que nous ayons pratiqué les incisions, nous aurons quelque raison d'admettre la

circulation continue des courants séveux pendant la saison végétative.

Les incisions annulaires ne diffèrent pas seulement selon qu'elles sont pratiquées sur la racine ou les rameaux, elles se comportent autrement selon qu'elles ont été faites sur de jeunes pousses herbacées ou sur des pousses ligneuses, soit de l'année, soit d'années antérieures.

Sur de jeunes pousses ligneuses de l'année précédente, opérées au printemps, on est surpris de la rapidité avec laquelle les bourrelets se forment, les plaies se cicatrisent ; toutes choses égales d'ailleurs, elles survivent d'autant plus à l'opération, qu'elles sont plus vigoureuses et d'un diamètre plus considérable. Quant aux branches herbacées, on exécute difficilement l'annélation sur elles, en raison de leur peu de consistance ; mais dans quelques cas où nous avons pu réaliser l'opération, nous avons été frappé de leur résistance à la destruction. Ces faits se lient à des points spéciaux de l'étude de la circulation ; nous aurons à y revenir.

C. Dans les conditions normales de la végétation, les feuilles exercent sur les incisions annulaires, par leur présence, leur nombre, leur mode d'action, des effets dont quelques-uns, depuis longtemps connus et étudiés, éclairent divers points de physiologie.

On sait le rapport qui lie la production des bourrelets à la présence et au nombre des feuilles. L'annélation pratiquée sur une branche dépourvue de feuilles n'est généralement pas suivie de la formation d'un bourrelet ; aucun développement ne se produit au-dessus de la plaie : de là cette conséquence, que les feuilles concourent à l'accroissement et à la production du courant séveux descendant.

Si l'absence de feuilles entraîne l'absence de bourrelet et de croissance, leur présence en nombre plus ou moins considérable entraîne un accroissement et un développement plus ou moins marqués du bourrelet, soit des parties au-dessus de l'incision.

Ces rapports sont constants. Si nos expériences ne les ont pas

établis pour la première fois, elles nous ont du moins permis d'en contrôler la réalité, de varier, d'étendre les résultats : elles nous ont montré, par exemple, que l'action des feuilles s'exerce, à l'égard de la croissance intime, à l'intérieur de la tige; qu'il n'existe pas un rapport nécessaire entre la formation d'un bourrelet et le développement en diamètre des parties au-dessus de l'annélation ; que l'ablation des feuilles met obstacle à la formation des bourrelets sur les racines opérées.

Expérience Ire. — En juin 1864, nous avons choisi dans les mêmes conditions deux jeunes pousses ligneuses, toutes deux ont été opérées par annélation : sur l'une d'elles seulement on a conservé les feuilles ; sur l'autre on a eu soin de les enlever ainsi que les jeunes bourgeons. Vers la fin de juillet, on constate que, chez cette dernière, l'état primitif n'a pas changé ; un léger bourrelet et un grossissement notable sont appréciables sur la branche feuillée.

Expérience IIe. — Le 10 avril 1869, on pratique sur le pivot de la racine d'un jeune Mûrier une incision annulaire d'un centimètre ; à ce niveau, la circonférence mesure à la lèvre supérieure 0m,063; les feuilles sont soigneusement enlevées. Les 5 mai, 19 mai, 1er juin, on réitère l'ablation de tous les bourgeons et feuilles qui ont pu se développer. Le 16 juin, on reconnaît que les pousses sont faibles et très-partielles ; on met fin à l'expérience, et l'on constate les résultats suivants :

Au-dessus de l'incision annulaire pratiquée sur la racine, pas de bourrelet, pas d'accroissement sensible : la circonférence mesure toujours 0m,063 ; à 80 millimètres environ au-dessus de l'incision, ont poussé deux radicelles de 6 à 7 centimètres ; au-dessous de l'incision, la racine est profondément altérée ; la tige elle-même offre dans toute son étendue, à la région médullaire et dans les couches ligneuses périphériques, une notable altération.

La même expérience répétée un an auparavant nous avait donné des résultats analogues.

Expérience IIIe. — Le 16 juin, une annélation est pratiquée à la base d'une jeune pousse herbacée de 7 à 8 décimètres ; elle a été dépouillée de ses feuilles.

Le 14 juillet, on constate qu'il ne s'est pas formé de bourrelet et que le rameau n'a point grossi ; il s'est développé seulement vers le sommet trois ou quatre feuilles. En incisant sur la branche les parties inférieures effeuillées, il s'écoule quelques gouttes d'un suc incolore; en incisant au voisinage des feuilles, à la base des feuilles elles-mêmes, il s'écoule un suc laiteux très-blanc et abondant : ce fait confirme ce que nous avons annoncé dans un autre travail sur la production du latex par les feuilles.

*Expérience IV*e. — On pratique le 14 juillet 1869, sur un rameau ligneux bien feuillé à l'extrémité, deux annélations superposées et distantes de 2 centimètres : la partie intermédiaire n'offre ni feuilles ni bourgeons.

Le 29 juillet, on constate la formation d'un volumineux bourrelet à la lèvre supérieure de l'incision supérieure, en rapport avec les feuilles : la croissance est marquée dans ces parties ; au contraire, pas de bourrelet véritable à la lèvre supérieure de l'incision inférieure; nulle pousse ne s'est produite dans la partie intermédiaire. Cette expérience a donné lieu à des observations sur lesquelles nous reviendrons ailleurs.

De ce que la formation des bourrelets est en rapport, comme le développement des tiges, avec la présence des feuilles, il ne faut nullement conclure que la présence des feuilles dans le cas d'annélation entraîne toujours et simultanément l'accroissement de la partie opérée et la formation d'un bourrelet. Nous montrerons qu'il est des cas déterminés dans lesquels cette présence ne s'accompagne pas de la formation du bourrelet réparateur; qu'il est des conditions spéciales dans lesquelles il peut se former en leur absence : ces cas particuliers seront l'objet d'un examen ultérieur.

D. L'âge et la nature des branches, l'étendue et la profondeur des parties incisées ont une influence sur les résultats de l'annélation. Cette influence sera mise hors de doute par les expériences suivantes :

Le 14 mai 1868, on pratique une incision annulaire profonde sur une branche ligneuse de deux ans, bien feuillée; une partie

des couches ligneuses est enlevée; la plaie est recouverte par un ruban de caoutchouc; malgré ces précautions, les feuilles se flétrissent rapidement, et le 20 mai les parties sont détruites au-dessus de l'incision.

Le 22 mai, expérience dans les mêmes conditions; en quarante-huit heures les feuilles sont flétries, elles tombent bientôt après, et la branche meurt, sans aucune formation de bourrelet. Le mécanisme de la destruction des parties s'explique dans ces cas par la rupture d'équilibre entre les quantités de séve que les feuilles doivent recevoir et celles qu'elles perdent par évaporation.

Frappé par cette expérience, nous l'avons répétée sur un arbre à feuilles persistantes et coriaces (*Ilex Fuhlamensis*), mais elle nous a donné des résultats différents; les feuilles se sont maintenues vivantes durant plus d'un mois.

Si l'ablation des couches ligneuses extérieures, pratiquée dans les précédentes expériences, entrave la montée de la séve dans les branches de deux ans et amène ainsi la mort, on pouvait se demander s'il en serait encore de même à la suite de la destruction de la moelle et des zones ligneuses internes, avec conservation des couches externes. L'expérience conduit à répondre que dans ce cas les feuilles peuvent demeurer longtemps vivantes; une branche de deux ans ainsi opérée s'est maintenue vivante du 4 juillet à la fin de la saison.

Les incisions annulaires profondes exécutées sur les tiges herbacées n'amènent pas une destruction aussi rapide, et permettent une réparation plus assurée que celles faites sur les tiges ligneuses.

Le 25 juillet 1868, on opère ainsi une branche herbacée et une branche de deux ans, autant que possible d'ailleurs dans les mêmes conditions. Chez la seconde, les feuilles se flétrissent et tombent après trois jours; chez la première, elles persistent jusqu'à la fin de la saison et un bourrelet est formé.

Des observations analogues répétées sur les boutures sont la confirmation des précédentes. Nous rapportons l'une d'elles.

Le 21 juillet 1865, on pratique dans la serre à multiplication

deux sortes de boutures, les unes avec des pousses herbacées de l'année, d'autres avec des pousses de deux ans. Elles portent toutes une incision annulaire profonde vers leur milieu.

Chez les premières, les feuilles se développent, les racines croissent, et la végétation se conserve plusieurs mois.

Chez les boutures avec bois de deux ans, aucune pousse ne se produit ; dès les premiers jours d'août, la bouture est détruite.

Ces faits indiquent des conditions différentes et beaucoup plus faciles dans la circulation chez les rameaux de l'année ; nous mentionnons ces faits sans pouvoir encore les expliquer.

La simple observation conduit à penser que, toutes conditions égales d'ailleurs, la gravité de l'annélation devra être en rapport avec l'étendue en surface des incisions ; c'est ce que l'expérience confirme facilement. Sur ce point d'ailleurs, théoriciens et praticiens sont d'accord ; la destruction survient d'autant plus vite au-dessus des parties opérées, que la plaie est plus considérable en surface.

E. La décortication incomplète, simple ou double, a pour effet de diminuer la végétation au-dessus des parties opérées ; mais elle paraît s'y conserver d'autant plus, que la quantité d'écorce ménagée est plus considérable. Voici deux expériences comparatives qui donneront une idée de la marche des phénomènes et de l'importance de l'écorce.

Le 14 mai 1868, on pratique sur la tige d'un jeune Mûrier en vase une double incision annulaire incomplète ; sur un côté de chacune des incisions on a ménagé un pont d'écorce d'un centimètre de diamètre.

Le 1er juin, des bourrelets verticaux se sont déjà formés à droite et à gauche en dehors de chaque pont : ils tendent à se joindre ; les bourgeons interceptés entre la double incision se développent régulièrement. Pendant les mois de juin et juillet la végétation continue, les bourrelets latéraux croissent, les yeux situés sur la zone intermédiaire progressent ; les bourrelets horizontaux deviennent sensibles aux lèvres supérieures et inférieures, la croissance est plus marquée dans le tronçon intermé-

diaire. On constate alors la disposition suivante : gonflement latéral au niveau des annélations supérieures et inférieures, amincissement plus marqué au-dessus de la première. Au printemps de 1869 le végétal se feuille régulièrement et continue à vivre.

Dans des conditions semblables aux précédentes, on avait pratiqué sur un autre jeune Mûrier, au même moment, une double incision annulaire complète ; les yeux de la virole intermédiaire se sont à peine développés. Dès le commencement de juillet les feuilles flétries sont tombées, la destruction a atteint les parties supérieures.

L'examen intérieur de la pièce, au moyen d'une loupe, prouve que la portion du jeune bois mise à nu, et non recouverte par le tissu réparateur, a subi une altération notable dans sa couleur et sa consistance, surtout au voisinage de la moelle. Cette altération se reproduit à chacune des zones opérées, pour la portion sur laquelle la réparation n'a pas eu lieu.

Le 15 mai 1868, on pratique sur une branche forte, droite, longue et peu feuillée, une incision incomplète, profonde dans son milieu ; on a laissé deux ponts corticaux de chaque côté. La végétation a continué normalement, et les feuilles ont poussé comme à l'ordinaire au printemps de 1869. L'examen de la pièce préparée en mai de la même année montre : 1° qu'aux parties médianes dénudées du bois correspond une altération des couches ligneuses sous-jacentes; 2° que les parties latérales saillantes du bois mis à nu se sont recouvertes d'une couche corticale, dans laquelle le microscope nous fait reconnaître la présence de laticifères et de fibres libériennes.

Pour accroître la vigueur d'une branche faiblement développée, les arboriculteurs pratiquent une incision incomplète et profonde au-dessus du point où elle naît de la branche mère ; ils incisent au-dessous, s'ils veulent affaiblir la branche trop développée. Cette pratique des incisions partielles est fréquente, aussi il est important d'en rechercher le mécanisme; dans ce but nous avons fait les expériences suivantes :

Sur deux branches de deux ans choisies dans les mêmes conditions, on pratique un cran ou demi-incision à l'origine sur la

branche mère. Sur la première, que nous appellerons A, le cran est pratiqué à la région précitée, vers la face supérieure de la branche; sur la seconde B, la demi-incision est faite à la face inférieure de celle-ci. Sur les deux branches, une incision annulaire recouverte d'un corps protecteur est pratiquée vers le milieu du rameau feuillé.

Si la séve ascendante, détournée de son cours, au niveau du cran supérieur, se porte en abondance à la branche opérée, elle s'y élaborera et formera au-dessus de l'incision un volumineux bourrelet. Ce bourrelet, au contraire, devra être faible dans la branche à cran inférieur, si ce cran a eu pour résultat de diminuer dans cette branche l'afflux séveux. Tel est le raisonnement bien simple qui a servi de base à notre expérimentation.

L'expérience exécutée a justifié nos prévisions.

Le 11 juin, les opérations ont été faites.

Le 2 juillet, le grossissement et le bourrelet ne sont pas sensiblement apparents à la lèvre supérieure de l'incision complète de la branche B, ils sont au contraire devenus considérables à la même région de la branche A ; la circonférence de la lèvre supérieure, au lieu de $0^m,016$ comme au début, mesure $0^m,021$.

Le 15 juillet, le grossissement n'a pas augmenté ; l'influence de l'incision se fait sentir, les feuilles commencent à jaunir.

Le 18 juillet, la vie a cessé au-dessus des incisions.

L'expérience a été répétée en 1869, et a donné des résultats analogues.

F. Les conditions dans lesquelles est mise la plaie consécutivement aux incisions annulaires influent sur les effets de l'opération. Nous avons voulu savoir, et cette question est d'un intérêt tout pratique, quelle serait la différence, selon que les plaies seraient ou non recouvertes, selon qu'on aurait recours, pour les soustraire à l'action de l'air, soit à de l'onguent de greffe, soit à du caoutchouc. Nous avons opéré, dans ces circonstances, sur les boutures d'abord, puis sur les végétaux à l'état normal.

Relativement aux boutures, nous avons fait une annélation à plusieurs d'entre elles, et la plaie a été recouverte de mastic de

greffe; chez d'autres, pratiquées dans les mêmes conditions, les plaies n'ont pas été recouvertes (il s'agit toujours de boutures, avec branches de deux ans, dans la serre à multiplication).

Les résultats obtenus dans ces expériences comparatives ont été constants. Les boutures recouvertes d'enduit ont au début développé aisément leurs feuilles et formé des bourrelets et des racines; leur végétation a été quelque temps activée, si bien que nous avons pu croire d'abord à une influence réparatrice et conservatrice très-accusée de la part de l'enduit.

L'observation plus longtemps continuée a dissipé notre erreur : l'enduit a retardé la destruction des boutures incisées, mais il ne l'a pas empêchée ; toutes ont été détruites, seulement elles l'ont été en un temps fort appréciable après la destruction des boutures non recouvertes.

L'enduit préservateur a donc eu pour effet d'accélérer un moment la végétation, de retarder, mais pour un temps seulement, la destruction des parties au-dessus de l'incision.

Exécutées sur des boutures pendant les hivers 1865-1866, ces expériences ont été répétées sur les arbres eux-mêmes.

Le 10 février 1866, une incision d'un centimètre, non recouverte, est faite à la base d'une branche volumineuse, feuillée, ramifiée ; elle mesure à la circonférence de la lèvre supérieure $0^{m},075$, et à celle de la lèvre inférieure $0^{m},078$.

Au printemps la branche se feuille, s'accroît au-dessus de l'annélation, mais il ne se forme pas de bourrelet.

6 juin. — La circonférence supérieure mesure $0^{m},088$; un commencement de bourrelet s'est produit.

23 juin. — Diminution appréciable dans la végétation.

16 juillet. — Les feuilles jaunissent ; elles sont tombées le 3 août.

Aux premiers jours d'avril 1867, le Mûrier opéré ne donne signe d'aucune végétation.

10 février 1866. — Incision annulaire faite dans les mêmes conditions que la précédente, seulement elle est recouverte d'onguent de greffe. La circonférence supérieure mesure $0^{m},071$, l'inférieure $0^{m},074$.

Le 19 mai, la végétation est vigoureuse au-dessus de l'incision.

Le 6 juin, on constate la formation d'un bourrelet à la lèvre supérieure; elle mesure alors $0^m,085$.

Du 6 juin au 28 juillet, la végétation continue à être active, et le bourrelet prend du développement.

Le 10 août, la circonférence supérieure mesure 10 centimètres, et l'inférieure $0^m,077$ seulement.

La végétation s'est maintenue jusqu'au milieu du mois d'août; elle ne s'est pas manifestée au mois d'avril suivant, au-dessus des parties opérées.

Les deux observations comparatives qui précèdent montrent que l'enduit n'est pas sans influence sur la formation des bourrelets, que sa présence entretient et active la végétation, sans toutefois préserver de la destruction les parties supérieures.

La première expérience nous offre le cas de la croissance en diamètre d'une branche au-dessus de l'incision, et cela sans formation du bourrelet ordinaire.

Au lieu d'un mastic susceptible d'altérer chimiquement les parties avec lesquelles il est en contact, nous avons fait usage du caoutchouc, qui n'a point une action semblable et protége efficacement les plaies. Voici quelques résultats :

10 mai 1867. — Une incision annulaire faite sur le tronc d'un Mûrier de deux ans est recouverte d'un anneau de caoutchouc fixé à l'aide d'un fil de fer.

Le 30 mai, la végétation est active et un bourrelet très-fort s'est constitué à la lèvre supérieure.

Le 30 juin, on reconnaît que la végétation du tissu réparateur a en partie cicatrisé la plaie, et que ce tissu s'est surtout développé à partir de la lèvre supérieure; la végétation des parties supérieures semble marcher moins activement.

Le 18 juillet, les feuilles ont jauni, l'évolution du bourrelet n'a plus progressé.

Le 11 octobre, la végétation n'est pas encore entièrement suspendue; au-dessus de l'incision l'accroissement a été très-marqué; le bourrelet est surtout développé en avant de la plaie, et dans ce sens les rameaux et les feuilles sont plus vigoureux.

En avril 1868, nous constatons que la séve ne peut s'élever au-dessus de l'incision, malgré la réparation, complète en apparence, de la plaie; au-dessus de l'annélation les parties ont péri comme à l'ordinaire.

Pour apprécier l'influence du caoutchouc sur les bourrelets, nous avons fait, le 20 mai 1868, trois opérations comparatives sur des branches, dans les mêmes conditions. L'une des annélations n'a pas été recouverte; la seconde a été recouverte par du mastic de greffe; la troisième, par un anneau de caoutchouc. Les trois branches opérées étaient trois branches droites, vigoureuses, feuillées, mais peu rameuses, choisies sur un fort Mûrier.

10 août.— La branche dont l'incision n'a pas été recouverte s'est développée à la partie supérieure, mais il ne s'y est pas formé de bourrelet.

Un bourrelet peu volumineux a commencé à paraître à l'incision de la branche enduite de mastic.

Au contraire, sur la plaie protégée par le caoutchouc, il existe à la lèvre supérieure un bourrelet marqué; la branche a pris un développement notable au-dessus de la partie opérée.

Le 23 mai 1869, nous constatons que la branche à incision protégée par le caoutchouc n'a point péri; elle a passé l'hiver, et elle n'a été détruite que vers la fin de l'été de cette année. On verra plus loin que cette longévité ne doit pas être attribuée au caoutchouc. Ce qui résulte surtout de nos études, à l'égard de cet agent protecteur, c'est qu'il détermine par sa présence la formation plus facile, plus constante du tissu réparateur, entretient et active la végétation; il joue seulement le rôle d'agent palliatif.

G. Nous rappellerons que, d'après M. Hanstein, la structure des végétaux opérés exerce une influence notable sur les effets des incisions.

Ayant décortiqué un certain nombre de végétaux dicotylédonés, M. Hanstein a pu constater les faits suivants :

Chez les espèces dont la moelle ne renferme ni tissus fibrovasculaires, ni cellules criblées ou cambiformes, les racines adventives se formaient seulement au-dessus de la partie opérée.

Au contraire, chez les plantes dont la moelle renfermait des faisceaux fibro-vasculaires, les *Piper medium*, *Mirabilis Jalapa*, par exemple, les racines poussaient en abondance au-dessous de la décortication, mais nullement au-dessus. Répétées sur des espèces monocotylédones, l'expérience aurait donné des résultats analogues (1).

Nous avons vu des Thuias qui avaient supporté plusieurs années, sans périr, des incisions annulaires.

Ces faits indiquent qu'il faut tenir grand compte de la nature des végétaux, dans l'appréciation des effets de l'incision.

En terminant, nous présenterons quelques considérations sur le mécanisme à l'aide duquel les incisions annulaires amènent la destruction du végétal au-dessus des parties opérées, et sur les circonstances qui peuvent expliquer pourquoi un même arbre peut survivre plus ou moins longtemps à l'opération.

On sait que les incisions annulaires amènent la destruction des parties supérieures en un temps qui peut varier singulièrement. Dans les expériences de M. Trécul, les arbres décortiqués n'ont pas résisté, mais ont péri à des époques différentes dans l'espace d'une à deux années. M. Royer a constaté que l'écorcement est plus rapidement mortel chez le Charme et le Poirier, lorsque l'annélation est située au-dessous des premières ramifications. Buffon et Duhamel parlent d'arbres qui ont succombé à la quatrième année seulement. Enfin on connaît l'histoire du Tilleul de Fontainebleau, qui aurait résisté pendant plus de quarante ans aux suites d'une profonde ablation d'écorce et de bois (2). Si l'on étudie avec soin les observations faites sur cet arbre, on voit qu'il ne constitue pas une exception aussi étrange que l'on pourrait le croire à la marche des phénomènes consécutifs à l'annélation. Il résulte en effet, du travail de M. Trécul sur ce sujet (3), d'une part, que chez cet arbre les feuilles meurent dès le mois d'août; d'autre part, que la circonférence supérieure égale 60 centimètres et l'inférieure 54 seulement, de

(1) Hanstein, *Die Milchsaftgefässe*, etc. Berlin, 1864, p. 56.

(2) Gaudichaud, *Recherches sur l'organogénie*, p. 126, tab. 17.

(3) Trécul, *Comptes rendus*, 1855, p. 574.

sorte que l'excès de croissance des parties supérieures sur les inférieures serait de 6 centimètres au plus. En réalité, dit M. Trécul, pendant les quarante et quelques années (depuis l'écorcement), « l'accroissement n'a varié que de 2 centimètres en diamètre dans les deux parties » (1).

Nous regrettons vivement qu'aucune indication n'ait été donnée sur la surface des branches, et leur richesse en feuilles au-dessus des parties détruites. M. Trécul pense que les nombreux broussins développés au-dessous de l'incision peuvent être pour quelque chose dans la longue survie de l'arbre à sa mutilation.

Nos expériences sur les Mûriers ne nous permettent point de nous prononcer sur la valeur de l'explication précédente, mais elles nous conduisent à concevoir d'une autre manière la prolongation de la vitalité des parties supérieures.

Le 23 mai 1869, nous avons fait des incisions d'un centimètre sur deux branches d'assez fort diamètre, droites, feuillées, pourvues vers le haut d'un petit nombre de rameaux; l'une des incisions était protégée par un caoutchouc.

A notre grand étonnement, les deux branches opérées non-seulement ne moururent pas à la fin de la saison, mais reprirent leur végétation au printemps suivant et la conservèrent jusque vers le milieu de l'été. Pourquoi ces branches incisées avaient-elles survécu, tandis que jusqu'alors toutes les autres avaient péri l'année même de l'opération ? Pour le comprendre, nous dirigeâmes notre attention sur les conditions dans lesquelles se trouvaient ces branches. Il nous fut facile de remarquer que le diamètre en était assez fort, les incisions petites, le tissu ligneux serré, les branches protégées par d'autres branches voisines, et que surtout elles offraient à peine des ramifications et des feuilles peu développées. De cette manière il y avait rapport entre le développement limité des parties à nourrir et la quantité de liquide nourricier dont l'annélation permettait l'accès. A la suite de cette remarque, nous portâmes de nouveau notre attention sur les diverses opérations faites précédemment à la base

(1) *Comptes rendus*, t. XLI, p. 577

de troncs d'où partaient de nombreuses branches, et nous reconnûmes que la mort était survenue d'autant plus promptement, que la plaie était plus considérable, que la surface des branches feuillées développées sur le tronc opéré était plus étendue.

Ce rapport fondamental entre la quantité de liquide nourricier et la surface des parties à nourrir nous fut confirmé par deux expériences que nous rapporterons.

Le 23 mai 1869, nous transformons en une incision profonde l'incision ordinaire non recouverte, faite le 23 mai de l'année précédente, à la branche dont nous avons parlé. Cette incision n'amène plus immédiatement la destruction des feuilles, comme cela avait lieu à l'égard des jeunes rameaux étudiés précédemment; mais la vie se conserve dans les feuilles jusque vers le 20 juin. Ainsi, s'il y a un rapport entre le petit nombre des feuilles et la quantité de séve qui peut encore leur parvenir par l'incision, les incisions profondes ne sont plus rapidement mortelles; l'expérience suivante le montre de nouveau.

Le 16 juin, une jeune pousse ligneuse de l'année, droite et vigoureuse, est dépouillée de ses feuilles; on pratique à sa base une incision annulaire profonde. Malgré l'incision, il se développe quelques nouvelles feuilles, assez petites, qui, loin de se flétrir immédiatement, demeurent vivantes jusqu'au milieu de juillet.

Dans les circonstances où l'incision profonde a laissé persister quelque temps les feuilles ; dans les cas signalés plus haut, de longues branches survivant jusqu'au printemps ou l'été suivant, il est remarquable que le grossissement supérieur est à peine accusé, que le bourrelet n'a point paru, ou qu'il a paru faiblement ; et cela dans le cas même où la plaie était protégée par une enveloppe protectrice. Pour comprendre la formation du bourrelet réparateur et son développement, il faut tenir compte de la vigueur des parties opérées, de la surface ramifiée et feuillée supérieure à l'incision, de l'étendue et de la profondeur de cette dernière.

En définitive, l'expérience nous conduit à conclure que les conséquences des incisions, quant à la durée des parties, à la

formation des bourrelets, sont liées à un ensemble de conditions dont l'harmonie permettrait en quelque sorte de prévoir les résultats des expériences tentées. Parmi ces conditions, signalons surtout :

La nature de l'annélation, d'où dépend la plus ou moins grande quantité de liquide séveux qui peut s'élever dans les branches ligneuses.

L'étendue de la surface des branches et rameaux, le nombre des feuilles au-dessus de l'incision, la vigueur de la partie opérée.

Nous avons vu qu'une des conséquences de l'annélation est la destruction, après un temps plus ou moins long, des parties supérieures à la zone d'écorce enlevée, si la réparation n'a pas eu lieu.

Mais comment s'expliquer la destruction ? Par quel mécanisme ? Ce dernier point nous reste à examiner.

L'idée qui se présente le plus naturellement à l'esprit est celle de l'action funeste de l'air sur le jeune bois mis à nu ; on conçoit les effets destructeurs que peuvent amener les actions combinées de l'humidité, du vent, de la chaleur. En fait, sur plusieurs des pièces que nous avons préparées, il nous a été facile de constater que la partie dénudée du bois est altérée dans son état, sa coloration, sa consistance.

Plus les incisions sont étendues, plus elles ont de gravité, parce que la surface exposée à l'air est plus considérable.

La cause d'altération dont nous parlons a pour effet de diminuer l'abord de la séve au-dessus des parties opérées. On peut avoir la preuve qu'il en est ainsi en examinant l'état des bourgeons sous l'annélation. Ceux-ci, la séve étant retenue, se gonflent de plus en plus et s'allongent bientôt en pousses vigoureuses ; à leur tour, ces pousses, dérivant vers elles le liquide séveux, mettent de nouveaux obstacles à son arrivée aux parties supérieures : celles-ci se trouvent donc dès lors privées de séve, et par l'action de l'air altérant le bois, et par les jeunes pousses développées sous l'annélation.

Si l'action de l'air sur l'aubier peut rendre compte de certaines altérations consécutives à l'ablation d'un anneau d'écorce, elle ne saurait expliquer tous les effets produits. C'est ce que

montrent les expériences dans lesquelles le jeune bois, après l'opération, n'a pas été laissé à l'air libre, sans que pour cela la destruction ait été empêchée ; nous avons dit que les onguents et autres moyens protecteurs retardent, mais n'empêchent nullement la destruction des parties supérieures à l'annélation.

Cette destruction survient alors même qu'on fait sur une branche une simple ligature sans ablation d'écorce. Elle se produit encore si, comme nous l'avons tenté, on réapplique l'anneau d'écorce immédiatement après l'avoir enlevé avec soin.

Dans ces conditions, l'action de l'air ne saurait seule expliquer les résultats obtenus ; on est amené à conclure que l'écorce joue, par rapport au bois, un autre rôle que celui d'enveloppe protectrice.

En somme, le mécanisme par lequel on peut expliquer la destruction des parties au-dessus des incisions paraît complexe. Il se rattache à la fois, et à l'action du milieu extérieur sur le jeune bois mis à nu, et à la pousse des bourgeons au-dessous de l'incision, et au fait même de la cessation du contact entre l'écorce et le bois.

Les résultats principaux du présent travail peuvent être formulés dans les propositions suivantes :

1° Les incisions annulaires pratiquées sur les Mûriers ne diffèrent point, quant à l'ensemble de leurs effets généraux sur les organes de la végétation, de celles exécutées chez les arbres dépourvus de latex.

2° Elles sont toujours mortelles pour les parties supérieures à l'annélation, mais après un temps qui peut singulièrement varier. Cette destruction des parties, de même que leur croissance au début et la production des bourrelets, sont modifiées par un ensemble de conditions dont nous nous sommes proposé de déterminer expérimentalement les effets.

3° La saison pendant laquelle on opère exerce une notable influence. C'est ainsi que les bourrelets se constituent seulement si l'annélation est exécutée pendant la saison végétative, que la croissance et la réparation consécutives sont surtout marquées pendant les premières phases de la saison végétative.

4° L'annélation des racines, comme celle des tiges, entraîne la destruction des parties les plus excentriques et la formation de bourrelets ; seulement, sur la tige, le bourrelet se forme à la base de la partie périphérique, laquelle doit être détruite ; sur la racine, il se constitue à la base de la partie centrale qui doit rester vivante, et de sa surface naissent de nombreuses fibres radicales.

5° L'ablation des feuilles met obstacle au développement des parties et à la formation du tissu réparateur, que l'annélation soit opérée dans ces conditions sur les branches ou sur les racines; l'opération peut même entraîner l'altération des couches ligneuses.

6° L'âge, la nature des branches, l'amplitude de l'incision en surface ou en profondeur, font notablement varier les effets produits par l'opération. Toutes choses égales d'ailleurs, on conçoit aisément qu'elle sera d'autant plus grave que la surface décortiquée sera plus considérable. Des incisions également profondes peuvent déterminer des effets différents, suivant les conditions : des branches ligneuses et herbacées, de même diamètre et également feuillées, y survivront inégalement; plus promptement mortelles chez les premières, elles sont compatibles chez les secondes avec une permanence de vitalité plus considérable.

Il en sera de même à l'égard de deux branches ligneuses opérées de même, mais dont l'une offrira au-dessus de l'incision des feuilles et des ramifications nombreuses, dont l'autre au contraire aura peu de branches et de feuilles. La première sera plus ou moins rapidement détruite; la seconde pourra survivre longtemps sans formation de bourrelet.

7° L'expérience nous a appris que les demi-incisions profondes opérées à la branche mère, au-dessus ou au-dessous de l'origine d'un rameau feuillé, fortifient ou affaiblissent ce rameau, en y permettant l'afflux d'une plus grande ou d'une plus faible quantité de séve ascendante. Nous avons eu recours, pour établir ce fait, à des incisions opérées simultanément, et à l'origine du rameau, et au-dessous de sa partie feuillée.

8° En agissant alternativement sur des boutures de Mûrier

en plein air, dont les plaies pratiquées par annélation avaient été recouvertes par du mastic de greffe, nous avons voulu nous rendre compte de l'influence de l'enduit protecteur ; nous sommes toujours arrivé au résultat suivant : l'enduit employé a aidé à la formation du tissu réparateur, a retardé la destruction des parties opérées, mais il ne l'a pas empêchée.

Sous ces divers rapports, le caoutchouc s'est montré beaucoup plus efficace que les enduits qui peuvent agir chimiquement sur le jeune bois ; son emploi nous semble donc préférable.

9° Le mécanisme par lequel s'expliquent les effets destructeurs des annélations paraît complexe; l'action de l'air sur le jeune bois dénudé, les pousses vigoureuses développées sous la lèvre inférieure de l'incision, le fait même de la privation d'écorce, sont autant de causes qui contribuent à la destruction plus ou moins rapide mais inévitable, à moins d'une réparation complète, des parties supérieures à l'incision.

10° Les résultats indiqués ci-dessus nous apprennent combien sont relatifs, et déterminés par des conditions multiples, les effets des annélations, chez un même végétal.

Il nous a semblé que la détermination expérimentale de ces conditions complexes était la voie la plus rationnelle à suivre pour arriver à l'intelligence des phénomènes, à l'explication des faits contradictoires, à la prévision de résultats qui peuvent n'être pas sans importance pour la pratique.

ÉTUDE

DU

QUELQUES VÉGÉTAUX SILICIFIÉS DES ENVIRONS D'AUTUN,

Par M. B. RENAULT.

1° ÉTUDE SUR LA TIGE DES *ZYGOPTERIS*.

Sous le nom de *Tubicaulis primarius* (1), Cotta a donné une description sommaire de pétioles que Corda, plus tard, a désignés sous le nom générique de *Zygopteris*.

Les caractères donnés par Cotta à son *Tubicaulis primarius* sont :

« In majoribus horizontaliter perscissis fasciculis utres ad formam I sive H.

» Majores et minores tubulorum formam imitantes fasciculi caulem formant, et ita quidem ut majores digitum crassi infra in medium convergant. Ceterum massa porosa expleti sunt, et intus compressum utrem continent qui horizontaliter perscissis figuram quemdam ut I sive H ostendit. Ex adverso illis duabus hujus figuræ parallelis lineis, in uno vel altero latere cuticula divisa esse solet ; quod si est, minorem exclusum fasciculum, in cujus perscissi media parte duo distincti pori conspici possunt, continet.

» Ceteri parvi fasciculi qui, inordinati collocati et in varia latera se extendentes, circumdant majores, multum incurvati sunt, eodemque modo unum vel duos majores intus habent poros. »

Il ajoute ensuite que le microscope montre non-seulement les pétioles remplis d'une masse cellulaire, mais que l'écorce et les faisceaux intérieurs sont formés par des fibres très-fines et très-

(1) Cotta, *Dendrolithen*, p. 19.

serrées. Jusqu'à lui on n'avait trouvé qu'un seul exemplaire de cette espèce dans le grès rouge de Chemnitz.

Corda (1), dans son *Histoire de la flore fossile de l'ancien monde*, caractérise de cette façon le genre *Zygopteris* :

« Truncus centralis...; rachides crassiusculæ teretes, radiculis irregulariter inspersæ; cortice crassa, extus gemma propria laterali ornata ; fasciculo centrali vasorum simplici, jugiformi ⌶; radicibus minutis rotundatis, fasciculo vasorum centrali. »

Il n'en cite qu'une seule espèce : *Zygopteris primæva*, la même que celle de Cotta, et renvoie à la description et aux figures de ce dernier.

M. Brongniart, dans son *Tableau des genres de végétaux fossiles*, définit ainsi celui qui nous occupe :

« Pétioles épais, cylindriques, entremêlés de racines ; écorce épaisse; faisceau vasculaire ressemblant dans sa coupe transversale à un I à ligne horizontale supérieure et inférieure très-large ; racines très-nombreuses, inégales, cylindriques ou anguleuses, à faisceau vasculaire central très-petit.

» Une seule espèce :

» Le *Zygopteris primæva* de Corda, syn. *Tubicaulis primarius* Cotta, constitue ce genre, dont le faisceau vasculaire des pétioles a une forme tout à fait insolite. »

A ma connaissance, il n'existe aucune autre description plus complète du *Zygopteris* : la tige n'en est pas connue ; la structure anatomique des pétioles est loin d'être suffisamment décrite; l'orientation du faisceau vasculaire est encore incertaine, et ses rapports avec les Fougères vivantes sont complétement ignorés.

Cela tient évidemment à la rareté des échantillons de cette espèce, qui jusqu'à présent n'a été rencontrée que dans les environs de Chemnitz. Goeppert cite pourtant le calcaire carbonifère de Falkenberg (Silésie) comme renfermant le *Z. tubicaulis*, considéré comme une seconde espèce de ce genre très-vaguement indiquée.

(1) *Beiträge zur Flora der Vorwelt*, p. 81.

Je ne connaissais l'échantillon qui a servi à constituer ce genre que par les deux figures de Cotta. M. Brongniart a bien voulu me communiquer un fragment de l'échantillon de Chemnitz qui lui avait été donné par M. Robert Brown, fragment avec lequel j'ai pu comparer l'espèce de Cotta et celles que j'ai trouvées à Autun. Qu'il me soit permis de l'en remercier, ainsi que des remarques critiques suscitées par la détermination difficile de certaines parties de la tige, et qui m'ont permis de mieux apprécier sa nature.

Dans la description du *Zygopteris* que donne Cotta, ce savant dit que de chaque côté des lignes parallèles de l'H, tantôt vers l'une, tantôt vers l'autre, l'écorce se divise habituellement pour laisser passer un faisceau extérieur renfermant deux pores, sans dire son opinion sur leur nature. Un examen attentif de l'échantillon de Chemnitz montre ces deux pores, suivant le pétiole que l'on examine, non-seulement dans l'épaisseur de l'écorce, mais encore plongé dans le tissu médullaire occupant l'espace compris entre le faisceau vasculaire central et l'écorce, tantôt à droite, tantôt à gauche de l'H, et plus ou moins éloigné de l'axe du pétiole.

J'ai retrouvé ces deux pores, ou mieux ces deux faisceaux vasculaires, dans plusieurs autres pétioles ; j'ai pu constater leur nature vasculaire, et, sans doute, ils se détachaient du faisceau central pour se porter à droite et à gauche dans les subdivisions de la fronde. Dans quelques espèces, le nombre des faisceaux vasculaires était de trois, du moins à la base du pétiole.

L'étude que je présente a pour objet non-seulement des fragments de pétiole plus ou moins bien conservés, généralement isolés, et non réunis en grand nombre comme dans l'échantillon de Cotta, mais une portion de tige, jeune vraisemblablement, portant quelques rares pétioles, par conséquent d'une espèce différente de la précédente.

Elle a été trouvée en même temps que différents échantillons silicifiés, tels que *Anachoropteris pulchra* (tige et pétioles), *Selenopteris*, *Gyropteris*, *Protopteris*, *Calopteris*, et plusieurs autres genres probablement inédits. Le voisinage de toutes ces Fou

gères sur une petite étendue de terrain prouve la variété de la flore locale, qui, en outre des plantes précédentes appartenant à la famille des Fougères, renferme encore des Prêles nombreuses, des Conifères, des Cycadées, etc.

La description suivante de la tige du *Zygopteris* a été faite d'après *un seul* échantillon, dont on a fait des coupes diverses. Ce fragment de tige incomplet était engagé dans un rognon siliceux ne laissant nullement soupçonner sa présence.

ÉTUDE ANATOMIQUE DE LA TIGE DU *ZYGOPTERIS BRONGNIARTII* B. Ren.

[Pl. 3, 4, 5, 6.]

La coupe transversale d'une portion de la tige montre à un faible grossissement quatre régions bien distinctes (fig. 1).

1° Une partie centrale *a'*, dont la structure n'est pas complétement déterminée, mais très-probablement cellulaire. Cette partie, plus développée à la partie inférieure de la tige, va en diminuant à mesure que l'on s'élève, et finit par disparaître ; aussi les coupes verticales faites au sommet ont montré seulement quelques brides cellulaires.

2° Une zone qui entoure cette partie centrale d'une manière continue et forme la plus grande partie de l'axe ligneux, *aa*.

3° Une enveloppe cellulaire *bbb*, délicate, et pour cette raison souvent mal conservée.

4° Enfin, en dehors de cet étui cellulaire, une couche épaisse *ccc*, formée de cellules hexagonales plus larges, et traversée par des lacunes *d*,*d*, où l'on distingue quelquefois des traces d'organisation.

A l'extérieur de la tige, en *ce*, on peut remarquer la coupe d'un pétiole qui a pris naissance sur la tige.

Des coupes longitudinales (fig. 2, 3 et 4) montrent que le centre de la tige se compose d'une réunion de cellules allongées scalariformes, contiguës, et n'offrant que quelques traces de tissu cellulaire proprement dit (fig. 3, *a'*). Ces cellules appartiennent très-vraisemblablement à la partie centrale *a'* (fig. 1), ou à ses

prolongements qui, au nombre de six dans le *Zygopteris*, s'enfonçaient plus ou moins dans l'épaisseur de l'étui ligneux *aa*, formé par les cellules allongées scalariformes.

Si les coupes 2, 3, n'accusent pas plus nettement le tissu utriculaire, c'est probablement parce qu'elles ont été faites dans la partie supérieure de la tige, là où ce tissu s'atténue de plus en plus. Dans la tige d'*Anachoropteris* que je décris plus loin, cette particularité se présente également, mais le nombre des prolongements cellulaires intraligneux est de cinq au lieu de six, comme nous le verrons.

En dehors de l'axe ligneux formé de cellules allongées (1) scalariformes, entourant d'un étui continu la partie centrale, on rencontre une couche de cellules polyédriques irrégulières, à parois minces. Ce tissu délicat est souvent détruit ou pénétré de silice colorée, ce qui lui donne une teinte plus foncée qu'au reste de l'échantillon. La facilité avec laquelle ce tissu se déchirait ou s'altérait, explique facilement cette pénétration ; il formait également une enveloppe continue autour de l'axe ligneux *b* (fig. 1 et 3), et se prolongeait autour des faisceaux vasculaires qui se rendaient aux feuilles.

La figure 4 et 4 *bis* montre bien la disposition de ce tissu utriculaire autour du tissu ligneux et autour des faisceaux des feuilles, dans une partie où les cellules n'avaient pas été remplies de silice colorée.

La couche cellulaire *cc* (fig. 4) est formée de cellules plus grosses, polyédriques, plus hautes que larges, à section horizontale hexagonale, et très-souvent remplies de granulations qui ont été des grains de fécule. Cette couche, épaisse relativement, s'étendait jusqu'à la partie extérieure du végétal ; elle était traversée dans toute son épaisseur par des faisceaux vasculaires qui, partant de l'axe plus ou moins obliquement (fig. 4), se rendaient aux pétioles latéraux. En se rapprochant de la surface, les cellules s'allongeaient en diminuant de diamètre et prenaient sensiblement un aspect fibreux.

(1) L'échantillon étudié était un jeune individu ; par conséquent les cellules allongées seraient devenues des vaisseaux en vieillissant.

Les faisceaux vasculaires qui se dirigeaient de l'axe à la circonférence étaient de deux sortes. Les uns, peu volumineux, se portaient dans les racines adventives (*l*, fig. 7 *bis*) ou dans les feuilles avortées qui formaient les écailles entourant la tige. Les autres, plus importants (fig. 4), se rendaient aux pétioles (fig. 7). Cette même figure permet de distinguer quelques vaisseaux scalariformes qui pénétraient suivant l'axe de la feuille.

Ces derniers faisceaux vasculaires prenaient la forme de l' ⌶ caractéristique des *Zygopteris*, à partir de l'axe vasculaire central. En faisant des coupes à différentes hauteurs, j'ai pu les suivre avec leur forme jusqu'à leur naissance ; et c'est ainsi que toujours ils se présentent, sauf le cas fréquent où le tissu n'est pas conservé. Quant à l'orientation de la coupe du faisceau pétiolaire, relativement à l'axe, les figures 1, 5 et 9 ne laissent aucun doute à cet égard.

La figure 9, qui représente une coupe tangentielle parallèle à la surface de la tige, intéresse la base de plusieurs pétioles ou de plusieurs feuilles.

En *g*, se trouve la coupe d'un pétiole naissant, avec la forme caractéristique du faisceau central. A droite et à gauche de ce faisceau, on peut remarquer en *d*,*d*, des lacunes traversées par des faisceaux vasculaires qui se portaient dans les subdivisions latérales du rachis ; si ces faisceaux vasculaires conservaient leur position relative en sortant du rachis, il devait en résulter que les rameaux secondaires ne se trouvaient pas dans un même plan.

Immédiatement au-dessus, en *r*, se trouve une racine volumineuse accompagnant le pétiole. On sait en effet que dans les Fougères l'émission d'un pétiole est presque toujours accompagnée de celle d'une ou de plusieurs racines qui s'échappent, soit au-dessus, soit au-dessous de l'insertion du pétiole sur la tige.

En outre de ces deux coupes *g* et *h*, on aperçoit en *i*,*i*, huit sections ayant une certaine disposition spirale sur la tige Cette disposition régulière me ferait supposer que ce sont des coupes de bases de feuilles avortées ou écailles, et non pas d

racines adventives, dont l'émission est généralement moins régulière ; de plus, l'absence de pétioles dans le voisinage éloigne encore l'idée de racines.

L'absence du faisceau central, qui est détruit dans toutes ces sections, permet quelques doutes. Entre ces pétioles, racines et bases de feuilles écailleuses, se trouvent un grand nombre de poils scarieux cloisonnés, dont les figures 9 et 9′ montrent quelques-uns.

A une petite distance de la tige, la forme du pétiole devait varier. En effet, la figure 9 nous offre au point où le pétiole sort de la tige une forme sensiblement rectangulaire, tandis que la figure 5 montre que le pétiole, déjà séparé de la tige depuis quelque temps, a une section presque triangulaire ; il est environné de poils scarieux en très-grand nombre, et latéralement, en *i*,*i*, se trouvent des sections de feuilles qui, d'après leur position latérale et le mode de déploiement, semblent plutôt appartenir au rachis *g* qu'à la tige même.

Le peu de conservation du tissu intérieur m'a empêché de reconnaître si, comme le pétiole *g* de la figure 9, il était parcouru par des vaisseaux latéraux se portant aux subdivisions de la fronde.

Si l'on admet que les sections *i*,*i* (fig. 9), appartiennent à la base de feuilles écailleuses, et non à des racines, qui, je crois, ont rarement une disposition aussi régulière autour des tiges, on reconnaît que ces écailles se trouvaient sur une spirale à deux tours de spire, ou bien sur un double verticille, de façon que les feuilles de l'un des verticilles fussent alternantes avec les feuilles de l'autre.

Quant au nombre de feuilles qui se trouvaient sur cette spire ou sur ce double verticille, je n'ai pu le déterminer d'une manière certaine. Cependant, en mesurant la distance angulaire moyenne de deux feuilles voisines, au moyen des trous laissés sur la coupe transversale (fig. 1 et 4), je suis arrivé au nombre moyen 31°, ce qui fournirait 11 ou 12 feuilles pour un tour de spire, soit 23 ou 24 pour les deux tours de spire ou les deux verticilles. Par conséquent, les feuilles seraient probablement

sur une spirale de 2/21 ou 2/23, ou peut-être sur un double verticille de 11 ou 12 feuilles.

Quant à la nature des feuilles qui composaient la fronde, leur nervation, la disposition des fructifications, etc., etc., je n'ai jusqu'à présent aucun indice certain. Cependant, comme dans les rognons silicifiés d'Autun on trouve quatre ou cinq espèces de fructifications épiphylles se rapportant très-probablement à des Fougères, on peut espérer qu'on arrivera à trouver les espèces de Fougères qui ont porté ces fructifications.

Si l'on se reporte aux figures 5, 6, 7, 8 et 9 qui représentent quelques coupes faites à travers les feuilles écailleuses de la tige, on pourra acquérir quelques notions sur leur nombre.

De la figure 9 on peut déduire que la base d'insertion de ces écailles était peu étendue ; de la figure 7, qu'elles étaient appliquées le long de la tige, assez rapprochées pour former une espèce d'enveloppe continue ; des figures 6 et 8, qu'elles étaient épaissies suivant la nervure médiane et traversées par un ou deux faisceaux vasculaires. Dans aucune je n'ai pu constater la forme caractéristique du faisceau pétiolaire des *Zygopteris ;* il est vrai que l'état de leur conservation laisse à désirer dans la plupart ; cependant, pour quelques-unes, le doute n'est pas possible (fig. 8). Par conséquent, on ne peut pas supposer que ces écailles fussent formées par les bases étalées des pétioles, comme cela arrive dans certaines Fougères, car elles auraient conservé la forme du faisceau vasculaire caractéristique. Tout ce que l'on peut admettre, c'est que dans certaines espèces de *Zygopteris*, parmi les nombreux pétioles qui partaient de l'axe, un grand nombre avortaient et formaient les écailles qui entouraient la tige; quelques-uns seulement se développaient et portaient les frondes. C'est précisément le cas de l'espèce que je viens de décrire.

D'autres fois les pétioles, plus vigoureux, se développaient pour la plupart, et formaient alors autour de la tige une couronne serrée entremêlée de racines. Il est clair que dans ce cas la tige

ne pouvait pas porter d'écailles. Le *Tubicaulis primarius* de Cotta en est un exemple.

ÉTUDE ANATOMIQUE DE QUELQUES AUTRES PÉTIOLES DE *ZYGOPTERIS*.

(Pl. 7, 8, 9.)

Zygopteris elliptica B. Ren.

Aucun des pétioles que je vais décrire n'offre le caractère signalé par Cotta, d'avoir une écorce laissant passer dans son épaisseur un faisceau plus petit muni de deux pores, soit parce que ces espèces sont différentes, soit, si l'hypothèse que j'ai faite est exacte, parce que les coupes n'ont pas été faites par le point où les faisceaux qui se rendent aux divisions des feuilles traversaient l'écorce.

La figure 10 représente la section transversale d'un jeune pétiole. Le faisceau vasculaire offre deux arcs inégaux ; celui qui est tourné du côté de la tige est plus petit et présente à chacune de ses extrémités un faisceau $a'a'$ formé de vaisseaux plus petits que ceux de l'arc inférieur. La partie médullaire qui entourait ce faisceau central est détruite presque complétement, et ne se retrouve guère que sur les bords.

La figure 11 montre la composition des différentes parties coupées longitudinalement suivant la ligne xy de la figure 10 ; les vaisseaux qui forment le faisceau central aa sont épais, aréolés, a', quelquefois scalariformes du côté du tissu cellulaire. Ce tissu cellulaire, b, en grande partie détruit, était formé de cellules prismatiques, à parois assez épaisses et pleines de granulations amylacées. La partie corticale est formée de fibres serrées ayant mieux résisté que la partie centrale, et en c on voit quelques couches de tissu cellulaire tout à fait extérieur, mais généralement détruit. La section elliptique de ce pétiole est différente de celle des autres pétioles que je vais décrire ; de plus, ses dimensions sont plus petites.

ZYGOPTERIS LACATTII B. Ren.

L'échantillon qui a servi à l'étude de ce *Zygopteris* était parfaitement conservé. — Pétiole arrondi ; écorce épaisse.

Fig. 12. — Coupe transversale de ce pétiole : le faisceau vasculaire central *a* offre une bande horizontale large, composée de vaisseaux inégaux ; ceux qui forment les lignes verticales sont plus petits et inégaux entre eux ; le faisceau est entouré par plusieurs couches de cellules très-fines et très-délicates de différentes grosseurs, *b,b*.

Ce qui distingue surtout ce pétiole, ce sont deux faisceaux vasculaires latéraux *f,f*, entourés comme le faisceau central d'une couche délicate de cellules. Comme la portion de pétiole que je possédais était très-courte, je n'ai pu suivre ces faisceaux latéraux, et m'assurer s'ils ne se portaient pas vers l'écorce pour passer ensuite dans les ramifications de la fronde.

En dehors de l'axe, un tissu médullaire abondant *c*, à mailles hexagonales, occupe l'espace qui le sépare de l'écorce ; ce tissu est traversé par des cellules plus grosses et allongées *d,d*, remplies autrefois de substance gommeuse, comme cela se voit souvent dans les Fougères (*Angiopteris*, par exemple). Ces cellules ont des parois propres ; une écorce *e* très-dense, fine et continue, limite la partie médullaire dont je viens de parler.

La figure 13 représente une coupe longitudinale passant par la ligne *xy* de la figure 12; elle montre la forme des différentes parties indiquées plus haut, et les figures 14, 15 et 16, les détails grossis de quelques-unes de ces parties.

Ainsi la figure 14 représente une portion du faisceau latéral *f* (fig. 12) ; on distingue un vaisseau aréolé en partie entamé par la coupe *f*, des vaisseaux scalariformes *f'*, beaucoup plus petits, et peut-être bien des trachées *f''*.

Les vaisseaux scalariformes font complétement défaut dans la portion horizontale du faisceau central *a* (fig. 13), mais on en rencontre quelques-uns dans les bandes latérales parallèles.

La figure 15 donne le détail des cellules allongées à parois

propres et qui sont pleines de silice plus colorée que le reste de l'échantillon *dd*.

Enfin (fig. 16), on voit en *ee*, également grossie, une portion de l'écorce du pétiole.

ZYGOPTERIS BIBRACTENSIS B. Ren.

Ce pétiole offre dans sa section transversale arrondie (fig. 18) une disposition curieuse : ainsi, les bandes parallèles situées aux extrémités de la ligne horizontale du faisceau vasculaire, au lieu d'être simples et formées d'une seule ligne de faisceaux, paraissent divisées en deux lames *a*,*c*, formées de vaisseaux de grosseurs très-différentes et séparées par du tissu cellulaire assez mal conservé ; ces deux bandes se rejoignent par leurs extrémités *k*,*k*.

La bande extérieure *c* est formée de vaisseaux plus petits que ceux qui composent la bande *a*. J'ai retrouvé cette disposition des bandes latérales encore plus marquées dans d'autres échantillons. Quelquefois, à l'une des extrémités de ces bandes, les deux lames ne se soudent pas ; d'autres fois la bande intérieure se détachant en ruban de la portion horizontale du faisceau, forme d'abord en se repliant une moitié de la bande intérieure, puis elle constitue la bande extérieure, et enfin, se repliant une troisième fois, elle forme la deuxième moitié de la bande intérieure ; son extrémité reste libre et ne se soude pas avec la bande horizontale du faisceau. Quand les bandes latérales offrent la particularité que je viens de signaler en dernier lieu, les vaisseaux vont en diminuant de grosseur depuis l'origine du ruban jusqu'à son extrémité, qui s'est rapprochée du point de départ.

La coupe longitudinale (fig. 18), passant suivant la ligne *xy* de la figure 17, fait connaître la structure des parties qui composent le pétiole.

La bande horizontale *a* est formée, comme les bandes qui se trouvent à son extrémité, par des vaisseaux scalariformes ; *a'* et *c* sont des vaisseaux de la double lame qui forme la bande verti-

cale de droite (fig. 17), et *b* le tissu cellulaire mal conservé qui les sépare.

Les différences de structure anatomique qui existent entre les trois pétioles que je viens de décrire sont suffisantes, je crois, pour exiger la formation de trois espèces distinctes ; aucun d'eux, sauf peut-être le premier (1), ne paraît pouvoir être rapporté à la tige que j'ai décrite. Ces remarques, si elles sont exactes, et si j'ajoute que de nouveaux échantillons différents des premiers décrits me permettent de croire à l'existence d'autres espèces, on doit admettre que le genre *Zygopteris*, à l'époque houillère, a été plus nombreux et plus important que ne le faisait supposer la rareté des échantillons trouvés à Chemnitz.

2° ÉTUDE SUR LA TIGE DE L'*ANACHOROPTERIS*.

Les caractères du genre *Anachoropteris*, créé par Corda, sont (2) :

« Rachis herbacea ; cortice crassa, supra canaliculata, rarius rotundata, hirsuta vel glabra ; medulla continua ; fasciculo vasorum simplici, margine reflexo, lobis involutis, vagina spuria ; vasis amplis porosis. »

Deux espèces sont rapportées à ce genre : « 1° *A. pulchra*, rachi tenui, supra late canaliculata ; infra rotundata, pilosa ; cortice crassiuscula ; fasciculo vasorum reflexo, lobis spiraliter involutis ; vasis porosis ; medulla ampla, compacta ; cellulis minutis (tab. LVI).

» 2° *A. rotundata*, rachi minuta, supra rotundata, rarius canaliculato-impressa ; cortice crassiuscula, lævi ; fasciculo vasorum reflexo, incurvo ; vasis inæqualibus porosis (tab. LIV, f. 7, 9). »

Ces deux espèces se rencontrent dans les *Sphærosiderites* de Radnitz.

Je ne connais rien de plus sur ce genre. Dans son *Tableau des genres de végétaux fossiles*, M. Brongniart (page 37) fait remarquer que la disposition du faisceau vasculaire est contraire à

(1) Je regarde cette assimilation comme très-douteuse.

(2) *Beiträge zur Flora*, p. 84.

tout ce que l'on connaît dans les pétioles de Fougères qui, dans tous les cas où les pétioles n'offrent qu'un seul grand faisceau vasculaire, ont ce faisceau canaliculé à concavité dirigée du côté supérieur et jamais inférieurement, et pense que la légère cannelure superficielle qui a décidé Corda dans la distinction des faces supérieure et inférieure n'est peut-être pas assez prononcée pour l'emporter sur cette disposition constante du faisceau vasculaire des Fougères vivantes.

Dans la plupart des Fougères, en effet, le plan de la fronde laisse au-dessous de lui la plus grande partie du rachis qui porte les ramifications formant cette fronde; et probablement dans les Fougères à faisceau unique, dont la concavité est tournée en dessus, comme ce sont les bords libres du faisceau qui envoient plus particulièrement des faisceaux dans les ramifications, cette particularité est plus accentuée.

Il est clair que, pour que ces deux conditions soient réunies, le pétiole doit présenter, dans l'*Anachoropteris*, la concavité du faisceau vasculaire en dessus.

Du reste, l'étude de la tige nous fournira les moyens d'orienter ce pétiole avec quelque certitude.

ANACHOROPTERIS DECAISNII B. Ren.

(Pl. 10, 11.)

Les figures 1 et 2 représentent des coupes transversales faites dans la tige de cet *Anachoropteris*.

Les parties qu'on y remarque sont :

1° Une partie centrale très-peu développée dans la figure 1, mais qui l'est davantage dans la figure 2, *aa*.

2° Une partie vasculaire *bb*, fig. 1 et 2.

3° Une partie cellulaire, *cc*, enveloppant le cylindre vasculaire, en grande partie détruite (fig. 1) mais conservée dans la figure 2.

4° Une couche épaisse cellulaire formant la partie extérieure de la tige et traversée par les faisceaux vasculaires encore visibles qui se rendaient aux feuilles.

Comme on le voit, d'après l'énumération succincte des parties constituantes de cette tige d'*Anachoropteris*, elle ne différait pas d'une manière générale de la tige du *Zygopteris* décrite précédemment, puisque nous avons trouvé, et dans le même ordre, des éléments semblables chez toutes les deux.

Cette structure des deux tiges fossiles diffère sensiblement de celle des tiges de Fougères vivantes, telles que celles des Cyathées, des Osmondées, Polypodiacées, etc. Mais peut-être ne serait-il pas impossible, comme j'espère le montrer, de trouver quelque analogie avec des tiges de Fougères prises dans des familles différentes, qui offrent alors, comme les deux tiges fossiles précédentes, un cylindre ligneux complétement fermé. Les genres *Anemia*, *Dipteris*, etc., les Ophioglossées, sont dans ce cas. Une étude approfondie de ces tiges pourra peut-être permettre de préciser davantage les rapports encore bien obscurs de ces deux genres perdus avec ceux qui se sont conservés jusqu'à nous.

Quoi qu'il en soit, l'étude microscopique des différents tissus montre que la partie centrale de la tige était occupée par une moelle qui, de même que dans le *Zygopteris*, allait en s'atténuant, en se rapprochant du sommet de la tige.

Les coupes faites dans cette région n'accusent en effet aucun tissu cellulaire.

Dans la partie de la tige étudiée, le tissu utriculaire se partage en cinq rayons qui s'enfoncent plus ou moins dans le tissu vasculaire environnant, et se divisent à leur extrémité en deux petits rameaux (fig. 2 a').

Les vaisseaux qui enveloppent cette moelle centrale sont scalariformes (fig. 3, 5, b,b) et se moulent sur elle. L'ensemble forme une couche continue, présentant également cinq rayons qui se bifurquent à leur extrémité sur la coupe transversale ; les vaisseaux qui sont placés dans cette dernière partie de l'étoile sont plus petits, plus serrés que ceux qui occupent la région centrale.

Il me paraît vraisemblable que c'est de l'extrémité des cinq côtes saillantes de l'axe ligneux que s'échappaient les faisceaux vasculaires se rendant aux pétioles.

Autour de l'étui ligneux se trouvait une masse cellulaire pénétrant dans l'intervalle laissé par les côtes saillantes. Ce tissu, assez délicat, est en grande partie détruit (*c*,*c*, fig. 1) ; la figure 2 le montre assez bien conservé. Les cellules qui le formaient sont à parois minces, arrondies, ovoïdes ou prismatiques (fig. 5, *c*) ; quelquefois de la silice colorée a pénétré dans les cellules, de sorte que l'échantillon a une teinte bleue dans cette région. Il ne m'a pas semblé que des grains de fécule fussent renfermés dans ces cellules.

A plusieurs reprises j'ai rencontré isolée dans des fragments de silice toute cette portion de la tige composée de la moelle centrale, de l'étui ligneux et de l'enveloppe extérieure *cc*. La figure 2 représente précisément une de ces portions.

Il est clair que le tissu délicat *cc* devait former entre l'axe ligneux et la portion plus résistante extérieure de la tige une ligne de rupture facile, lorsque la tige venait à subir quelque compression du dehors.

L'enveloppe la plus extérieure (*dd*, fig. 1) se compose de cellules polyédriques à section horizontale hexagonale (fig. 7 et 8), sensiblement rectangulaire quand la coupe est verticale (fig. 5 et 6). Ces cellules ont des parois assez résistantes et contiennent des grains de fécule. A l'extérieur de ces cellules se trouve une zone située plus près de l'écorce et composée d'éléments plus allongés, dépourvus de substance amylacée ; les cellules de cette zone s'allongent encore plus en se rapprochant de l'extérieur de la tige et deviennent fibreuses (*f*, fig. 6). Enfin, tout à fait en dehors de cette région corticale, on remarque une légère couche épidermique assez peu distincte (*g*, fig. 6).

La figure 1, qui nous montre l'ensemble de cette enveloppe cellulaire extérieure, nous fait voir également les traces laissées par le passage des faisceaux vasculaires se rendant aux pétioles *c*,*c*. Malheureusement l'état de conservation de cette partie de l'échantillon ne permet pas de décider d'une manière certaine si ces faisceaux formaient des verticilles superposés, ou s'ils étaient placés sur une spirale autour de la tige. Quant à leur nombre sur un même verticille ou sur un tour de spire, la même incer-

titude règne ; cependant il y a quelque probabilité pour que ces faisceaux, et par conséquent les pétioles auxquels ils se rendaient, fussent au nombre de cinq ou un multiple de cinq sur un même verticille ou sur un tour de spire.

Si l'on appliquait au *Zygopteris* cette manière de voir, c'est-à-dire si on lui attribuait un nombre de faisceaux pétiolaires en rapport avec le nombre des rayons médullaires du centre, on aurait 6 ou un multiple de 6 pour le nombre des pétioles, avortés (transformés en écailles) ou non, qui formaient les verticilles ou les tours de spire.

Examinées avec un grossissement suffisant, les traces *cc* (fig. 1) des faisceaux pétiolaires montrent à leur centre un faisceau vasculaire (*n*, fig. 4 et 8). Si le faisceau appartient aux régions centrales, c'est-à-dire s'il y a peu de temps qu'il s'est séparé de l'axe, il offre une section elliptique (fig. 4). Si au contraire il se trouve déjà un peu éloigné de l'axe (en *e'*, fig. 1), l'ellipse s'est fendue du côté de l'axe, et les deux bords séparés, encore rectilignes, s'enrouleront plus tard en spirale. La figure 7, prise vers le sommet de la tige, montre un pétiole l'ayant quittée depuis quelque temps et adhérent par compression à cette tige ; les bords du faisceau commencent à s'incurver.

Je crois donc, par ce qui précède, qu'on ne peut plus guère douter de l'orientation du faisceau pétiolaire par rapport à la tige, et que les figures données par Corda dans sa *Flore de l'ancien monde* doivent être retournées.

Au commencement de cette notice j'ai cité les deux espèces admises par Corda, *Anachoropteris pulchra* et l'*Anachoropteris rotundata*, avec leurs caractères spécifiques. Or, si l'on admet comme hors de doute que le pétiole de la figure 7 appartient bien à la tige que j'ai décrite, ce pétiole ne pouvant rentrer dans les deux espèces de Cotta, la tige en question appartiendrait à une espèce différente.

En examinant ce pétiole et en ne tenant pas compte du plus ou moins grand enroulement des bords en spirale (le degré d'enroulement peut dépendre de la portion du pétiole étudiée), il suffit en effet de couper en différents points un pétiole de *Todea* ou

d'*Osmonde* pour constater une incurvation plus ou moins prononcée du faisceau vasculaire); il reste pour le caractériser : 1° une gaîne foncée qui entoure le faisceau vasculaire, qui diffère sensiblement du *Vagina spuria* du genre de Corda; 2° des lacunes *p,p*, existant en cercle en dehors du faisceau; enfin la forme particulière de la gouttière *r*, qui était placée au-dessous du rachis.

Quant à la nature des faisceaux vasculaires du pétiole, plusieurs préparations m'ont montré des vaisseaux poreux et scalariformes; les pores des vaisseaux étaient tournés du côté des cellules, les faces des vaisseaux en contact au contraire étaient scalariformes.

Dans le plus grand nombre des traces pétiolaires *c,c* de la fig. 1, on peut constater, à l'aide du microscope, la présence du faisceau elliptique de l'*Anachoropteris;* de plus, la fig. 3 ne dénote aucune trace de feuilles écailleuses : par conséquent les faisceaux vasculaires se rendaient tous dans des pétioles qui se développaient en fronde, et n'avortaient pas pour former des écailles autour de la tige, comme dans le *Zygopteris Brongniartii.*

Je n'ai pas remarqué la présence de poils scarieux, ni sur la base des pétioles, ni sur la tige.

En résumé, les éléments généraux des tiges d'*Anachoropteris* et de *Zygopteris* sont les mêmes.

Les différences portent sur le nombre des prolongements de la moelle centrale, et par cela même sur l'aspect différent de l'axe ligneux qui en est la conséquence; sur la forme du faisceau vasculaire des pétioles et la présence d'écailles entourant la tige ; enfin sur le nombre des pétioles composant les verticilles ou les tours de spire.

3° NOTICE SUR DES TIGES DE LYCOPODIACÉES FOSSILES.

Depuis longtemps déjà M. Brongniart (*Histoire des végétaux fossiles*, t. II, p. 59 ; — *Tableau des genres de végétaux fossiles*, p. 45) et M. Unger (*Gen. plant. sup.*, p. 5), ont signalé ou décrit quelques espèces de *Psaronius* provenant des couches supé-

rieures du terrain houiller d'Autun, tiges que le premier de ces savants considérait alors comme appartenant à la famille des Lycopodiacées ; mais jusqu'à présent on n'y avait trouvé aucun fossile qui pût se rapporter aux *Lycopodium* eux-mêmes, et j'avais d'abord pensé que les petites tiges qui font l'objet de cette notice pouvaient être de jeunes tiges de *Psaronius*. Cependant l'extrême analogie de leur structure avec celle des tiges des Lycopodes et l'existence bien constatée de plantes de ce genre dans des schistes houillers doivent plutôt les faire considérer comme des fragments de tiges adultes du genre *Lycopodium*.

C'est vraisemblablement par suite de sa petitesse que différentes parties du végétal, telles que la tige et l'écorce, qu'il est bien rare de trouver réunies dans un même échantillon, doivent d'avoir été conservées jusqu'à nous. C'est pour cette raison, et aussi parce qu'on y distingue de nombreux faisceaux vasculaires se rendant aux feuilles, et une structure insolite des faisceaux ligneux du centre de la tige, qu'elle me paraît de nature à intéresser les paléontologistes.

Lycopodium punctatum B. Ren.

(Pl. 12 et 13.)

La figure 1, qui est une coupe transversale, permet de se rendre compte de la disposition relative des différentes parties qui composent la tige ; au centre se trouve une masse de tissu cellulaire *bb*, dont les éléments sont plus ou moins déformés par leur pression mutuelle et par celle des vaisseaux volumineux dont on voit les orifices en *a*.

Ces vaisseaux, réunis par groupes ou disséminés dans la masse du tissu cellulaire précédent, rappellent plutôt la disposition des vaisseaux des Lycopodes (*Lycop. phlegmaria*, par ex.) que celle des Fougères.

La figure 3, faite à un grossissement de 35 diamètres, et mieux encore la figure 5, permettent de saisir des détails intéressants sur la structure de ces vaisseaux aux points de contact entre eux ; la section de leurs parois montre des parties

plus brunes : ces lignes foncées sont autant de perforations qui permettaient probablement aux vaisseaux de communiquer. Les petits tubes résultant de ces perforations ne sont pas cylindriques, mais vont en s'évasant en entonnoir en arrivant à la surface interne ou externe de chaque vaisseau ; il en résulte nécessairement que, comme les ouvertures se correspondent dans deux vaisseaux en contact, il doit exister, là où deux tubes se touchent par leurs bords, une petite cavité lenticulaire, qu'on peut distinguer dans la figure 5 en *a'*. Cette structure particulière des vaisseaux rappelle celle des fibres ponctuées des Conifères ; l'analogie est rendue plus frappante encore si l'on se reporte à la figure 7, qui est une coupe verticale intéressant quelques-uns de ces vaisseaux en même temps que quelques cellules environnantes.

La paroi de ces vaisseaux se montre avec des aréoles hexagonales dont la majeure partie offre à son centre un espace brun qui correspond sans aucun doute aux perforations dont il vient d'être question. Le nombre des aréoles sur la paroi du vaisseau dépend de la largeur de la portion par laquelle il se trouve en contact avec son voisin.

Il n'y a pas lieu, par conséquent, de tenir compte ici du nombre des rangées verticales des ponctuations pour servir à un classement ultérieur, dans le cas où des espèces de Lycopodiacées à ponctuations seraient rencontrées de nouveau.

Dans la partie des vaisseaux en contact avec les cellules, on retrouve bien les aréoles hexagonales (fig. 7, *a'*), mais sans indice de perforation au centre. Dans les Conifères, on sait que les ponctuations existent dans les fibres du côté des fibres ligneuses qui correspondent aux rayons médullaires ; les aréoles des vaisseaux du côté des cellules *a'* (fig. 7) sont plus petites que celles qui se trouvent du côté des vaisseaux.

Les cellules qui entourent les vaisseaux ont des formes et des grandeurs qui varient, comme on peut s'en rendre compte, par les différentes figures des coupes transversales ou longitudinales dans lesquelles elles sont toutes désignées par la lettre *b*.

En dehors de cette portion cellulo-vasculaire de la tige que

je viens de décrire, on rencontre une zone *c* (fig. 1) qui entoure la partie centrale; elle est formée de cellules plus serrées et plus régulières que celles du centre ; leur section transversale et longitudinale (fig. 3 et 4) est sensiblement rectangulaire : il est possible qu'en vieillissant, elles s'allongent et qu'elles puissent former alors une première enveloppe plus ou moins résistante autour de l'axe décrit plus haut.

Ce tissu est traversé par un nombre assez considérable de cellules allongées (fig. 1, 2, 3 et 4, *d*) dirigées presque horizontalement et qui se portent du centre à la circonférence. Ces cellules accompagnent les faisceaux vasculaires qui se rendent aux feuilles, et l'on peut les suivre jusqu'à une petite distance à travers le tissu cellulaire extérieur (fig. 4).

La figure 1 offre quatorze de ces faisceaux foliaires, mais elle intéresse probablement deux verticilles, ce qui porterait à sept ou huit le nombre des faisceaux de chaque verticille. Les figures 2 et 4, faites d'après des coupes verticales et qui rencontrent les faisceaux des feuilles en *dd* sensiblement sur une même verticale et à une distance assez rapprochée, montrent que les verticilles étaient nombreux.

Les faisceaux des feuilles, avant de traverser l'écorce, étaient obligés de traverser une épaisseur de tissu cellulaire relativement assez considérable ; quelques parties de ce tissu ont été conservées en *ee* de la figure 1, presque jusque vers l'écorce ; il paraît assez lâche et moins résistant que celui qui avoisine cette dernière.

Ce tissu est parcouru également, non plus horizontalement, mais verticalement, par des faisceaux vasculaires *g*,*g* (fig. 1), qui sont sans doute des faisceaux qui circulaient entre l'axe ligneux et l'écorce pendant un certain temps avant de se rendre dans les racines, comme on l'observe dans beaucoup de Lycopodes.

On voit (fig. 4) la coupe transversale de l'une de ces racines ; au centre *g*, des faisceaux vasculaires groupés plus ou moins en forme d'étoile à cinq rayons. Sur la figure 6, en *hg*, on reconnaît que la coupe longitudinale de cette racine présente des vaisseaux scalariformes et des vaisseaux aréolés semblables à ceux de l'axe ;

c'est seulement dans les faisceaux des racines que les coupes longitudinales ont rencontré des vaisseaux scalariformes. En *g''* (fig. 4), le tissu cellulaire qui entoure le faisceau vasculaire des racines est plus coloré et formera plus tard la partie corticale extérieure de la racine.

La tige de ce Lycopode est entourée par une écorce dont les parties disjointes lors de la silicification se voient dans la figure 1, *f,f*. La figure 4 en présente une portion plus grossie ; la partie *f'*, formée de fibres, est très-peu épaisse, et comme c'est la partie la plus résistante, cela explique la rareté de l'écorce dans les échantillons fossiles, surtout si l'on joint à cela que le tissu cellulaire épais, mais peu résistant, sous-jacent, devait se dessécher rapidement et laisser des vides que venaient remplir les racines nombreuses descendant des parties supérieures du végétal.

En dehors du cercle formé par l'écorce, on remarque en *h* (fig. 1) une racine à faisceau vasculaire franchement étoilé ; comme il m'était impossible d'établir sûrement les rapports de cette racine extérieure à l'écorce avec le végétal que je viens de décrire, je ne ferai que l'indiquer.

D'après ce qui précède, je crois donc qu'il ne peut s'élever aucun doute sur la détermination générique du végétal étudié plus haut, car il offre tous les caractères essentiels des *Lycopodium*, et cela dans un état de réunion assez rare ; quant à la détermination spécifique, je ne sache pas pouvoir la rapporter à aucune espèce décrite.

Les Lycopodes fossiles connus dans le terrain houiller ne consistent qu'en empreintes et leur structure est inconnue ; toutes les espèces de Lycopodes vivants étudiées à ce point de vue ont, je crois, des vaisseaux scalariformes ; tandis que dans celui-ci, le tissu ligneux est entièrement formé de vaisseaux aréolés et ponctués. Cette particularité est suffisante pour constituer une espèce remarquable qui, jusqu'à présent, n'a qu'un seul représentant.

Dans les Cryptogames vivantes, des vaisseaux ponctués formant à *eux seuls* le tissu ligneux constituent un fait exceptionnel ; je ne

connais pas de Fougères vivantes offrant cette particularité. Dans les Lycopodes également on rencontre le plus souvent des vaisseaux scalariformes, quelquefois mélangés à des vaisseaux ponctués; cependant le genre *Tmesipteris* (Brong., *Hist. vég. foss.*, t. II, pl. 11) présente un tissu ligneux qui est formé de vaisseaux dont les ouvertures rappellent celles des fibres des Conifères. Mais ces ouvertures existent tout autour des vaisseaux, tandis que dans la plante précédente, comme on l'a vu, les ponctuations ne paraissent exister que du côté appliqué contre des vaisseaux semblables.

Je ferai remarquer également que la tige de ce Lycopode offrait un caractère remarquable appartenant à beaucoup de plantes de ce genre, c'est-à-dire que le tissu parenchymateux existant entre l'axe et l'écorce était parcouru par des racines qui persistaient même quand le tissu qui les entourait avait complétement disparu. Ce caractère rattacherait notre plante aux *Psaronius*, dont on aurait pu la considérer comme le jeune âge ou comme une petite espèce, s'il n'était maintenant reconnu que les *Psaronius* rentrent dans la famille des Fougères, dont ils présentent les larges insertions foliaires. La grande similitude de structure de cette tige avec celle des Lycopodes, dont elle ne semble différer que par ses vaisseaux ponctués, nous fait désigner cette espèce sous le nom de *Lycopodium punctatum*.

Lycopodium Renaultii Ad. Br.

(Pl. 15.)

Après avoir étudié et décrit l'espèce précédente de Lycopode (*Lycopodium punctatum*, B.R.) trouvée dans la partie supérieure du terrain houiller, le basard m'a fait rencontrer dans la même localité une autre tige appartenant à un végétal de la même famille, mais offrant quelques différences de structure suffisantes pour constituer une espèce distincte de la précédente. On a vu que dans cette dernière les vaisseaux formant l'axe ligneux présentaient sur leurs parois en contact des aréoles hexagonales percées à leur centre de ponctuations analogues à celles

de certaines Conifères; mais que du côté du tissu cellulaire, les aréoles hexagonales ne sont pas accompagnées de ponctuations; qu'en dehors de l'axe ligneux il existait une zone de tissu cellulaire plus serré et traversé horizontalement par les faisceaux vasculaires qui se rendaient aux feuilles, tandis que la portion extérieure de ce même tissu plus lâche, moins résistante, en grande partie détruite, était parcourue verticalement par des faisceaux vasculaires se rendant aux racines.

L'analogie de cette tige avec celles de quelques plantes vivantes ne permet pas de douter qu'elle appartienne à une Lycopodiacée dont la taille n'excédait pas celle de quelques plantes de notre époque. Il en est de même de la nouvelle tige que je vais décrire, qui avait à peu près, dans la partie étudiée, 5 à 6 millimètres de diamètre, comme la précédente, et, comme elle, était plongée dans de la silice amorphe. Sa longueur était de 15 à 18 millimètres, et son état de conservation n'a permis de saisir que les détails suivants :

Au centre de la tige on remarque l'axe ligneux de 2 millimètres de diamètre environ (fig. 1). Cet axe est formé de larges vaisseaux *a,a*, isolés ou groupés irrégulièrement, inégaux, et dont la coupe transversale, uniforme sur les bords, diffère d'aspect de celle fournie par les vaisseaux de la première espèce, qui portaient des canalicules produits par les ponctuations. La fig. 2, *aa*, montre en effet la section des parois vasculaires unie et non perforée, ce qui devient encore plus évident si l'on se reporte aux figures 4 et 5, qui sont des coupes verticales de ces mêmes vaisseaux. Nous n'avons donc ici que des vaisseaux à aréoles hexagonales, sans perforation à leur centre.

Les vaisseaux ligneux sont plongés dans une masse de tissu cellulaire dont les mailles sont inégales (fig. 1 et 2, *bb*), qui s'étend jusqu'à la circonférence de l'axe ligneux, mais n'y prend pas un aspect compacte et serré comme dans l'espèce précédente. Je n'ai pas remarqué que cette portion extérieure fût traversée par des faisceaux se dirigeant horizontalement vers les feuilles; cette dernière partie aura été vraisemblablement détruite lors de la silicification.

Toutefois une particularité intéressante mérite d'être signalée. En effet, dans la partie extérieure conservée du tissu cellulaire, on remarque des agglomérations de vaisseaux scalariformes (fig. 1, 2, 5, *c*,*c*) ne formant pas autour de l'axe une zone circulaire continue, mais quelques groupes isolés. Devaient-ils fournir les éléments vasculaires des feuilles et des racines? C'est ce que l'exiguïté de l'échantillon n'a pas permis de vérifier.

Entre la portion que je viens de décrire et la partie corticale proprement dite du végétal, se trouvait un tissu cellulaire délicat qui a disparu presque complétement; à peine en reste-t-il quelques éléments (fig. 1, *e*; fig. 4, *o*).

Il est vraisemblable qu'il était parcouru par des faisceaux radiculaires, de moins en moins nombreux à mesure qu'il se rapprochait du sommet du végétal; la portion de la tige étudiée en ce moment devait appartenir à cette région, car je ne vois d'autre représentant des faisceaux radiculaires que l'agglomération désignée par *d*, fig. 1. Des deux coupes verticales (fig. 4 et 5), une seule a rencontré quelques vaisseaux aréolés qui ne pouvaient guère appartenir qu'à une racine.

Le même tissu dont on voit quelques éléments en *o*, fig. 4, était parcouru presque horizontalement par les faisceaux vasculaires qui se rendaient aux feuilles; on en voit quelques traces fig. 4, *ii*.

Enfin, au dehors on rencontre une zone plus serrée (fig. 4 et fig. 3, *ff*), formée par des cellules devenant fibreuses, et qui envoie des prolongements dans l'épaisseur de l'écorce (fig. 1 et 3, *g*,*g*).

Il est à regretter que le peu de longueur de la tige que j'ai rencontrée n'ait pas permis d'en étudier plus profondément les détails de structure, et de faire disparaître quelques obscurités, telles que le rôle de ces groupes scalariformes à l'extérieur de l'axe ligneux, la structure de cette zone dentelée corticale, le nombre des faisceaux vasculaires se rendant aux feuilles, etc. Cependant je crois que les parties que j'ai pu décrire sont suffisantes pour permettre de ranger cette tige nouvelle parmi celles

des Lycopodes, mais obligent d'en faire une espèce distincte du *Lycopodium punctatum*, décrit précédemment.

M. Brongniart, auquel j'ai communiqué ces observations, a donné à cette espèce le nom de *Lycopodium Renaultii.*

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHES 3, 4, 5, 6.

ZYGOPTERIS BRONGNIARTII.

Fig. 1. Coupe transversale de la tige du *Zygopteris Brongniartii*, Ren. (Grossi 16 fois.)

aa, axe ligneux central du *Zygopteris* formé de cellules allongées scalariformes. — *a'*, partie cellulaire enveloppée par l'étui ligneux. — *bb*, enveloppe cellulaire délicate imprégnée de silice colorée et entourant l'axe central. — *b'*, déchirure dans cette enveloppe. — *ccc*, tissu cellulaire formant la partie extérieure de la tige et rempli de grains de fécule. — *d,d,d*, faisceaux vasculaires se rendant de l'axe aux feuilles en traversant obliquement la masse cellulaire précédente. — *l,l,l*, cellules remplies de fécule. — *ee*, pétiole provenant de la tige et assez mal conservé.

Fig. 2. Coupe parallèle à l'axe.

aa, partie centrale formée presque uniquement de vaisseaux scalariformes. — *a'*, traces de tissu cellulaire. — *bb*, enveloppe qui entoure l'axe et dont les cellules, souvent réparées, sont colorées par de la silice foncée. — *cc*, tissu cellulaire renfermant des grains de fécule. — *ff*, trace de vaisseaux se rendant aux feuilles. — *h*, silice amorphe.

Fig. 3. Coupe passant par l'axe du *Zygopteris* et montrant l'origine d'un faisceau pétiolaire.

a, axe. — *a'*, traces de tissu cellulaire. — *b,b*, cellules colorées entourant l'axe et le pétiole. — *b',b'*, déchirures existant dans cette enveloppe.

Fig. 4. Coupe passant par l'axe du *Zygopteris*, montrant une portion de l'axe *a*, l'enveloppe cellulaire colorée qui l'entoure, *bb*, et une portion du tissu cellulaire formant la partie extérieure de la tige *c*.

Fig. 4 *bis*. Les lettres ont la même signification. — *d,d*, faisceaux des feuilles; *l*, portion corticale de la tige.

Fig. 5. Coupe transversale intéressant une partie de la tige et un pétiole qui y a pris naissance. (Grossie 20 fois.)

cc, tissu cellulaire extérieur de la tige du *Zygopteris*. — *d,d*, traces laissées par les vaisseaux qui se rendent aux feuilles. — *g*, pétiole triangulaire dans sa section entouré de nombreuses écailles *h,h*, ou poils scarieux. — *i,i*, rachis secondaires épais et charnus appartenant au pétiole principal?. — *h,h*, poils scarieux qui entourent la tige et le pétiole.

Fig. 6. *a*, axe. — *b*, enveloppe cellulaire. — *d*, vaisseaux se rendant aux feuilles. — *h*,*h*, poils scarieux se développant entre les écailles et la tige. — *i*,*i*, écailles entourant la tige.

Fig. 7. Coupe longitudinale de la partie externe de la tige.

c, tissu cellulaire extérieur de la tige. — *f*,*f*, trace des vaisseaux se rendant aux feuilles. — *i i*, coupe verticale dirigée perpendiculaire au limbe des feuilles écailleuses et passant par la nervure médiane. En *o o*, on peut distinguer des traces de vaisseaux scalariformes. — *h*,*h*, racines adventives ?.

Fig. 7 *bis*. *l*, racine parcourant le tissu cellulaire. — *m*, feuille écailleuse. — *n*, poils scarieux.

Fig. 8. Coupe transversale passant à différentes hauteurs des feuilles.

i i i, feuilles écailleuses coupées horizontalement : les différentes coupes indiquent qu'elles étaient assez épaisses. — *i'*, faisceau médian. — *i''*, double faisceau vasculaire médian. — *h*, radicelles ou plutôt poils scarieux entre les feuilles et la tige. — *d*, faisceau vasculaire se dirigeant dans les feuilles. — *c c*, tissu cellulaire de la tige.

Fig. 9. Coupe tangentielle extérieure à la tige.

g, coupe d'un pétiole naissant sur la tige. — *d*,*d*, faisceaux vasculaires se portant dans les ramifications de la fronde?. — *h*, racine volumineuse accompagnant le pétiole ; la partie centrale est mal conservée ?. — *i*, feuilles en écailles coupées verticalement. — *i' i' i' i'*, section de la base de ces écailles disposées en verticille ou en spirale autour de la tige. — *h'*,*h'*, poils scarieux nombreux prenant naissance entre les écailles, sur la tige principale et sur la base du pétiole.

PLANCHES 7, 8 ET 9.

ZYGOPTERIS ELLIPTICA.

Fig. 10. Coupe horizontale d'un pétiole. (Grossie 12 fois.)

a, faisceau central composé de vaisseaux aréolés à parois épaisses ; l'arc supérieur du faisceau est formé de plusieurs parties. — *b*, portion n'offrant que quelques traces de cellules. — *c*, portion corticale où les cellules commencent à être mieux visibles. — *d*, fibres corticales. — *e e*, région cellulaire extérieure en grande partie distincte.

Fig. 11. Coupe verticale du même pétiole, suivant la ligne XY.

a,*a*, vaisseaux aréolés. — *a'*, les mêmes, plus parfaitement grossis — *b*,*b*, traces de cellules à parois assez épaisses et renfermant des grains de fécule. — *b'*, les mêmes, plus fortement grossis. — *b*,*b*, traces de cellules à parois assez épaisses et renfermant des grains de fécule. — *b'*, les mêmes, plus fortement grossies. — *d*, fibres corticales. — *e*, tissu cellulaire épidermique, en grande partie détruit. — *f*, silice amorphe.

ZYGOPTERIS LACATTII.

Fig. 12. Coupe transversale. (Grossie 8 fois.)

a, faisceau central formé de vaisseaux ponctués. — *b*, tissu cellulaire très-délicat formant une double enveloppe autour du faisceau vasculaire central. — *c*, tissu

formé par des cellules polyédriques à section souvent hexagonale remplissant l'espace situé entre le faisceau central et l'écorce. — *d*, réservoirs allongés munis de parois contenant probablement une substance gommeuse. — *e*, fibres corticales. — *f*, deux faisceaux vasculaires également environnés par un tissu très-délicat et devant peut-être se diriger dans un rameau latéral. — *g*, silice amorphe fortement colorée dans l'échantillon.

Fig. 13. Coupe verticale du même échantillon. La coupe est faite suivant la ligne X Y de la figure 12, et doit rencontrer quatre fois les faisceaux contenus dans le rameau.

a, vaisseaux aréolés de la partie horizontale du faisceau vasculaire. — *b b*, tissu cellulaire très-fin et très-délicat enveloppant les faisceaux vasculaires, comprenant une couche *c'* de cellules un peu plus grosses. — *a'*,*a'*, faisceaux de vaisseaux aréolés faisant partie des deux arcs latéraux rencontrés par la coupe, et mêlés de vaisseaux scalariformes en très-petit nombre. — *f*, l'un des faisceaux aréolés latéraux contenant en même temps quelques vaisseaux scalariformes. — *c c c*, tissu utriculaire compris entre les faisceaux vasculaires et l'écorce. — *d*,*d*, lacunes à parois propres renfermant une substance gommeuse. — *e*, fibres corticales.

Fig. 14. Détails grossis plus fortement de la figure 13.

f,*f'*,*f''*, vaisseaux aréolés et scalariformes composant le faisceau latéral supérieur *f*.

Fig. 15. Tissu cellulaire intra-vasculaire traversé par des cellules beaucoup plus grandes et remplies probablement d'un liquide gommeux.

Fig. 16. Fibres corticales qui entourent le tissu cellulaire précédent.

ZYGOPTERIS BIBRACTENSIS.

Fig. 17. Coupe transversale d'un pétiole. (Grossie 9 fois.)

a, faisceau central formé de vaisseaux scalariformes; quelques rares vaisseaux aréolés. — *c*, vaisseaux scalariformes formant une bande parallèle à celle composée par les premiers *a*. — *b*, tissu utriculaire qui répare les deux bandes de vaisseaux formant chacune des deux lignes verticales du faisceau central. — *d*, tissu utriculaire non conservé. — *g*, tissu cellulaire intérieur. — *k*, extrémités des bandes corticales où les deux zones se réunissent. — *e*, fibres corticales.

Fig. 18. Coupe verticale du même pétiole, suivant la ligne XY.

a, faisceau central, partie horizontale. — *g*, espace cellulaire assez mal conservé. — *a'*, première bande de vaisseaux scalariformes. — *c*, deuxième bande de vaisseaux scalariformes. — *b*, lame cellulaire assez peu distincte qui les sépare. — *d*, espace sans trace d'organisation. — *e*, fibres corticales. — *f*, silice amorphe dans laquelle était empâté l'échantillon.

PLANCHES 10 ET 11.

Anachoropteris Decaisnii.

Fig. 1. Coupe transversale de la tige. (Grossie 3 fois.)

a a a, partie médullaire centrale offrant cinq prolongements dans l'intérieur du tissu vasculaire. — *b b*, tissu vasculaire scalariforme, composant l'axe ligneux. — *c c*, espace occupé par un tissu cellulaire peu résistant et en grande partie détruit. — *d d*, tissu cellulaire à parois plus résistantes traversé par les faisceaux vasculaires qui se rendent aux feuilles. — *e e*, *e'*, traces de faisceaux vasculaires se rendant dans les pétioles. — *f*, racine adventive.

Fig. 1 *bis*. La même, de grandeur naturelle.

Fig. 2. Portion centrale d'une autre tige. (Grossie 14 fois.)

a a, *a'*, partie médullaire centrale se divisant en cinq rayons qui eux-mêmes se bifurquent à leur extrémité. — *b*,*b*, vaisseaux scalariformes offrant également cinq rayons, et constituant l'axe ligneux. — *c c*, tissu cellulaire occupant les sillons situés entre les rayons.

Fig. 2 *bis*. La même, de grandeur naturelle.

Fig. 3. Coupe longitudinale d'une tige. (Grossie 10 fois.)

b b, axe composé de vaisseaux scalariformes ; la coupe est faite dans la partie supérieure de la tige et manque de tissu cellulaire. — *c c*, tissu cellulaire enveloppant l'axe ligneux et en grande partie détruit. — *d d*, tissu cellulaire en partie rempli de grains de fécule. — *e*, trace de vaisseaux se rendant à un pétiole. — *e'*, pétiole se séparant de la tige principale. — *f f*, partie corticale de la tige.

Fig. 4. Coupe transversale d'un faisceau pétiolaire.

d d, tissu cellulaire extérieur. — *a*, mailles hexagonales ; les cellules sont remplies de grains de fécule. — *i i*, tissu formé de cellules à parois minées à section horizontale entourant le faisceau pétiolaire *n*. — *n n*, faisceau pétiolaire à section elliptique et pris dans le voisinage de l'axe.

Fig. 5. Coupe longitudinale d'une portion de tige. (Grossie 110 fois.)

b, vaisseaux scalariformes composant l'axe ligneux central. — *c*, cellules ovoïdes ou prismatiques formant l'enveloppe peu résistante qui entoure l'axe ligneux. — *d*, cellules prismatiques à parois plus épaisses qui composent la partie extérieure de la tige, et remplies pour la plupart de grains de fécule.

Fig. 6. Coupe longitudinale de la partie externe de la tige. (Grossie 110 fois.)

d d, portion du tissu cellulaire formant la partie externe de la tige. — *e*,*e*, cellules plus extérieures que les précédentes, qui s'allongent de plus en plus, se rapprochant de l'écorce. — *f*,*f*, cellules épidermiques. — *h*, silice amorphe empâtant l'échantillon.

Fig. 7. Coupe transversale d'une portion de tige et d'un pétiole. (Grossie 10 fois.)

b b, axe ligneux central formé de vaisseaux scalariformes. — *c c*, tissu cellu-

laire détruit. — *dc'*, tissu cellulaire extérieur à grains de fécule. — *h*, pétiole ayant déjà quitté la tige depuis quelque temps et juxtaposé à la tige. — *oo*, gaîne colorée contenant le faisceau central. — *p,p*, lacunes, ou cellules volumineuses existant dans le tissu cellulaire du pétiole. — *r*, gouttière ou sillon occupant la partie inférieure du pétiole.

Fig. 8. Coupe transversale d'un pétiole encore contenu dans la tige.

dd, partie cellulaire remplie de grains de fécule. — *ii*, tissu cellulaire délicat entourant le faisceau vasculaire. — *n*, faisceau vasculaire pris au bord intérieur, en *e'* de la figure 1, et déjà ouvert; les bords ne sont pas encore recourbés en spirale. — *oo*, gaîne colorée entourant le faisceau vasculaire central.

PLANCHES 12 ET 13.

Lycopodium punctatum.

Fig. 1. Coupe transversale de la tige. (Grossie 11 fois.)

a, faisceaux vasculaires ponctués, plongés dans le tissu cellulaire *b* et formant l'axe ligneux. — *b*, tissu cellulaire entourant les vaisseaux précédents. — *c*, tissu cellulaire plus compacte, formant une espèce de gaîne autour de l'axe ligneux. — *d,d*, faisceaux celluloso-vasculaire se rendant aux feuilles, et traversant la zone précédente avant de passer à travers l'écorce. — *ee*, tissu cellulaire en partie détruit, s'étendant jusqu'à l'écorce. — *g,g*, racines plongées dans le parenchyme précédent et descendant parallèlement à l'axe du végétal. — *f,f*, différents fragments d'écorce séparés par de la silification, mais constituant encore une enveloppe distincte. — *h*, racine de *Psaronius* située à l'extrémité de l'écorce.

Fig. 2. Coupe longitudinale de la même tige.

Les lettres semblables désignent les mêmes parties que dans la figure précédente.

d,d, faisceaux vasculaires des feuilles rencontrés par la coupe verticale. — *ff*, portion de l'écorce où l'on remarque deux tissus différents, un tissu cellulaire et un tissu fibreux.

Fig. 3. Coupe transversale d'une portion centrale de la tige. (Grossie 35 fois.) — Mêmes significations des lettres que précédemment.

Fig. 4. Coupe transversale d'une portion de tige. (Grossie 20 fois.)

f, *f'*, partie interne et externe de l'écorce. — *g*, faisceau vasculaire central d'une racine. — *g'*, partie cellulaire qui entoure ce faisceau central. — *g''*, partie cellulaire plus dense, servant plus tard de partie corticale à la racine. — *m*, zone composée de cellules plus volumineuses, extérieure à celle désignée par *c*, formée de cellules plus serrées et rectangulaires. — *e*, origine du parenchyme qui s'étend jusqu'à l'écorce.

Fig. 5. Coupe transversale des vaisseaux. (Grossie 120 fois.)

a,a, vaisseaux aréolés et ponctués. — *a',a'*, canalicules mettant en communication deux vaisseaux en contact, et se correspondant dans chacun d'eux. On peut remarquer la cavité lenticulaire formée par l'extrémité élargie de deux canalicules juxtaposés.

Fig. 6. Coupe longitudinale d'une portion de tige. (Grossie 35 fois.)

a, vaisseau aréolé de l'axe de la tige. — *c*, enveloppe de cellules à section rectangulaire située à l'extérieur du cylindre ligneux. — *m*, couche de cellules plus ou moins arrondies et irrégulières qui s'étendent, toutefois moins grosses, jusqu'à l'écorce. — *gh*, coupe verticale d'une racine, où l'on ne distingue plus que quelques vaisseaux scalariformes et ponctués. — *e,e*, restes du tissu cellulaire traversé par les faisceaux des feuilles *d*. — *ff*, portion d'écorce.

Fig. 7. Portion d'une coupe longitudinale. (Grossie 80 fois.)

a,a, vaisseaux aréolés; le centre des aréoles hexagonales est percé d'une ouverture. — *a'a'*, face des vaisseaux précédents tournée du côté des cellules, et simplement aréolés sans ponctuations. — *b, b'*, cellules de différente grandeur placées entre les vaisseaux précédents.

PLANCHE 14.

Lycopodium Renaultii.

Fig. 1. Coupe transversale de la tige du *Lycopodium Renaultii*. (Grandeur naturelle.)

Fig. 1 *bis*. Même coupe. (Grossie 14 fois.)

a, vaisseaux aréolés. — *b,b*, cellules intra-vasculaires formant la masse dans laquelle sont plongés les vaisseaux ligneux *a,a*. — *c,c*, groupes de vaisseaux scalariformes. — *d*, coupe horizontale d'un faisceau radiculaire? — *e e*, tissu lâche et délicat existant entre l'axe ligneux et l'écorce. — *f*, partie fibreuse envoyant des prolongements dentelés, *g,g*, dans l'épaisseur de l'écorce.

Fig. 2. Les lettres indiquées désignent les mêmes parties que précédemment.

Fig. 3. Les lettres ont la même signification que précédemment.

Fig. 4. Coupe longitudinale passant par le milieu de l'axe et l'écorce.

a,a, vaisseaux aréolés sans ponctuations. — *b b*, tissu cellulaire placé entre les vaisseaux. — *f*, cellules allongées. — *h*, fibres corticales. — *i,i*, faisceaux vasculaires se rendant aux feuilles. — *n*, cellules corticales. — *o*, tissu cellulaire délicat existant entre l'axe ligneux et l'écorce.

Fig. 5. Coupe longitudinale passant par un groupe de vaisseaux scalariformes.

a,a, vaisseaux aréolés. — *b*, tissu interstitiel. — *c,c*, vaisseaux scalariformes.

SUR LA COPULATION DES ZOOSPORES,

TYPE MORPHOLOGIQUE DE LA GÉNÉRATION DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL [1],

Par M. Nath. PRINGSHEIM,
De l'Académie des sciences de Berlin.

(Traduit du *Compte rendu mensuel de l'Académie des sciences de Berlin* pour le mois d'octobre 1869.)

Les recherches dont je consignerai ici brièvement les résultats continuent et étendent mes premières études sur la sexualité des Algues.

Des observations multipliées fournies par quelques genres de la grande tribu des Algues zoosporées m'ont prouvé jadis, comme on sait, que parmi les cellules reproductrices (*Fortpflanzungs-zellen*) de ces plantes, celles qui avaient été tenues jusque-là pour des hypnospores ou spores immobiles (*ruhende Sporen*) étaient réellement les représentants ou les produits du sexe femelle (*weibliche Geschlechtsprodukte*). Chez quelques genres, les organes mâles ou fécondateurs se sont offerts sous la forme de corps de moindre volume et plus ou moins différents des zoospores (*Schwärmsporen*) ; chez d'autres, au contraire, ces organes masculins ressemblaient tellement par la forme extérieure aux zoospores, qu'ils n'en semblaient être qu'une forme amoindrie.

L'idée qu'on se sera formée d'après ces faits de la multiplication et de la génération des Algues en question pouvait donc être étendue sans difficulté à toutes les Algues zoosporées, pourvues à la fois de spores immobiles et de zoospores de deux sortes, les unes petites, les autres plus grosses, du moins aux Zoosporées

(1) *Ueber die Paarung von Schwärmsporen, die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche*, von N. PRINGSHEIM (Berlin, 1869). Brochure in-8 de 20 pages, avec une planche double lithographiée et coloriée.

réellement munies ou justement supposées munies de spores immobiles.

Toutefois, parmi la multitude des genres d'Algues qui possèdent des zoospores, les recherches les plus assidues n'ont encore pu faire découvrir chez aucun d'eux l'existence simultanée de spores immobiles et de zoospores. Au nombre de ces genres, il s'en trouve, à la vérité, qui possèdent deux sortes de zoospores; mais on admet généralement que ces corpuscules, bien que dissemblables, sont cependant tous de même valeur, et que les uns et les autres germent immédiatement et de la même manière, sans qu'aucun acte sexuel intervienne. Enfin, c'est à propos de quelques autres de ces Algues à zoospores de deux sortes et chez lesquelles les hypnospores étaient inconnues, que j'ai moi-même fait voir que les petites zoospores acquièrent un état persistant, deviennent de véritables spores immobiles, et que ce sont ces hypnospores, nées des soi-disant microgonidies, qui, par leur développement ultérieur, régénèrent la plante mère.

Ces plans divers qui, en partie du moins, semblent sortir les uns des autres, dont l'exactitude est néanmoins absolument incontestable, réclamaient manifestement une explication satisfaisante, si par hasard on n'était pas disposé à reconnaître les différences très-essentielles offertes par les modes de reproduction et de multiplication propres aux plantes, d'ailleurs si proches alliées, dont il s'agit.

Refusât-on d'admettre que toutes les Algues sans hypnospores sont aussi sans sexe (expédient commode sans doute, mais certainement stérile), il faudrait, ou supposer que ces hypnospores n'ont pas encore été rencontrées, chose peu vraisemblable après les recherches persévérantes dont un grand nombre de genres différents ont été l'objet depuis dix ans, ou bien forcément admettre que, dans le groupe des Algues zoosporées et entre leurs organes déjà connus, intervient un acte sexuel particulier, inaperçu jusqu'ici, et dont l'observation directe ferait cesser le désaccord qu'il semble y avoir entre le développement des Zoosporées pourvues d'hypnospores et celui des Zoosporées qui sont privées de ces corps.

Où cet acte sexuel supposé devait-il être cherché de préférence? C'est ce que m'a paru suffisamment indiquer, ainsi que j'en ai déjà fait la remarque dans de précédentes notes algologiques, l'existence positivement démontrée de deux sortes de zoospores dans la même plante; aussi me suis-je appliqué de nouveau à l'étude minutieuse des circonstances qui entourent la naissance et la germination des microgonidies, et n'ai-je négligé aucune occasion de m'éclairer sur ce sujet.

Or, c'est chez une petite plante de la famille des Volvocinées que j'ai d'abord rencontré l'acte fécondateur cherché, et je l'y ai vu tel, qu'il offre un nouveau point de départ pour la recherche du phénomène sexuel chez les Zoosporées uniquement pourvues de zoospores; l'intérêt physiologique qui s'y attache en outre ne gît pas seulement en ce qu'il est un mode nouveau de fécondation, il tient surtout à ce que ce mode particulier est comme un degré intermédiaire entre les formes déjà connues des phénomènes fécondateurs, et qu'il montre les divers produits sexuels comme une série de modifications du même type qui passeraient les unes dans les autres.

Ce mode particulier de génération chez les Zoosporées est un phénomène que je qualifie de copulation (*Paarung*) des zoospores, et la différence la plus essentielle qu'il offre avec les autres modes de génération consiste dans la présence d'oospores agiles, ou mieux de gonosphères douées de mouvement (*bewegliche Befruchtungskugeln*) qui, par leurs caractères extérieurs, ressemblent absolument à des zoospores.

La plante qui fait le sujet des recherches que je veux faire connaître ici, est une des Volvocinées les plus répandues, mais elle a été maintes fois confondue avec une autre Volvocinée qui en est voisine. De plus, les différentes manières d'être des deux plantules ont été décrites inconsidérément comme autant de genres différents sous les noms de *Pandorina*, d'*Eudorina*, de *Botryocystis*, de *Spondylomorum* ou de *Synaphia;* les diagnoses qu'on en a données sont peu correctes, et les auteurs ne s'accordent point pour les classer ici ou là. De là est résultée, pour la nomenclature des productions dont je parle, une confusion à peu

près inextricable, et si l'on ne veut pas accroître cette confusion en proposant un nom nouveau, on ne sait auquel des noms déjà employés donner la préférence. Pour ne point m'arrêter davantage à cette difficulté, je me borne à prévenir que j'adopte pour les deux plantes dont je veux parler ici, et qui me sont bien connues, les noms de *Pandorina Morum* et d'*Eudorina elegans*.

En ce qui touche le *Pandorina*, j'ai pu me rendre parfaitement témoin des phases principales de son développement. Quant à l'*Eudorina*, il m'a été permis d'ajouter aux anciennes observations dont il a été le sujet quelques nouvelles expériences sur la germination des oospores, laquelle a lieu ici un peu autrement que chez les autres Volvocinées ; de sorte que l'histoire de cet *Eudorina* se trouve aussi complétement connue, et qu'il devient possible de lever tous les doutes qui pourraient subsister touchant les limites respectives des deux formes végétales dont il s'agit.

Un mémoire spécial sur le développement du *Pandorina Morum*, que je me propose d'insérer dans le prochain cahier de mes *Annales de botanique scientifique*, fera connaître avec tous les détails nécessaires les résultats de mes observations personnelles sur le *Pandorina* et sur l'*Eudorina ;* là j'essayerai aussi d'établir correctement la nomenclature de ces deux plantes et de préciser leurs différences spécifiques qui, pour un œil attentif, se trahissent durant tout le cours de leur végétation. Ici je n'ai d'autre but que d'esquisser avec exactitude les caractères de l'acte sexuel chez le *Pandorina* et de faire ressortir les rapports de ce phénomène avec les autres modes de génération offerts par les végétaux. D'ailleurs, pour faire reconnaître la plantule que je qualifie de *Pandorina Morum*, pour la faire distinguer sûrement de l'*Eudorina elegans*, je puis me borner à dire en peu de mots la structure de chacune de ces Algues à l'état adulte.

Jusqu'à l'apparition des phénomènes qui préparent la multiplication, les deux plantes se distinguent déjà aisément à la forme et à la disposition de leurs cellules vertes. Le *Pandorina* (pl. 17, fig. 1) a des cellules un peu cunéiformes, dont la base regarde en dehors, et qui, étroitement unies entre elles, remplissent exacte-

ment l'espace ovale que circonscrit l'enveloppe générale de la plante. L'*Eudorina*, au contraire (fig. 8), offre des cellules globuleuses assez régulièrement distantes les unes des autres et disposées en une couche simple à la périphérie du tégument commun. La structure propre de la cellule est d'ailleurs chez les deux plantes identiquement la même et conforme à celle de toutes les autres Volvocinées.

Le *Pandorina* est normalement formé de 16 cellules; je n'ai jamais rencontré d'individus qui en présentassent davantage; mais, comme il arrive pour toutes les plantes qui vivent groupées ou réunies en familles, des accidents de rupture ou de partage, survenant avant le parfait développement des groupes, peuvent donner lieu à des formes régulières ou irrégulières composées d'un moindre nombre de cellules constituantes.

Quant à l'*Eudorina*, le nombre type des cellules réunies qui le composent paraît être de 32. Cependant, près des individus ainsi constitués, on en voit d'autres, à peine moins nombreux, qui n'offrent que 16 cellules, et parmi les premiers-nés de la germination des oospores, les exemplaires à 16 cellules sont peut-être les plus abondants. Quelques individus formés d'un moindre nombre de cellules se produisent de la même manière que chez le *Pandorina Morum*. Je n'ai jamais rencontré de spécimens faits de plus de 32 cellules.

La multiplication non sexuelle du *Pandorina* a lieu de la même manière que celle des Volvocinées et Hydrodictyées pluricellulaires; ce qu'on sait déjà pour le *Pandorina*, quant aux circonstances principales du phénomène, c'est-à-dire qu'une jeune plante complète se forme dans chacune des cellules de la plante mère. Ainsi, chez un *Pandorina* de 16 cellules, si la reproduction en question a lieu régulièrement et semblablement dans toutes les cellules, il s'engendre 16 jeunes *Pandorina* qui, à part le volume, ressemblent de tout point à la plante mère. Déjà durant ce travail de formation l'enveloppe générale de la plante mère commence à se gonfler, elle devient muqueuse et se dissout peu à peu; alors les jeunes plantes rendues libres s'éparpillent rapidement. Ce phénomène offre d'ailleurs des particula-

rités dignes d'attention à plusieurs titres, et je me réserve d'en exposer les diverses phases dans le mémoire spécial que je dois consacrer à l'histoire du développement du *Pandorina.*

La reproduction sexuelle du *Pandorina* donne lieu aux phénomènes suivants :

De même que la multiplication asexuelle, la reproduction sexuelle donne naissance à 16 nouvelles plantes dans chacune des cellules de la plante mère, pendant que l'enveloppe générale de celle-ci se dissout (fig. 2). Mais ces jeunes plantes, pour une partie du moins, au lieu d'être neutres, sont sexuées ; elles sont mâles ou femelles. Quant à savoir si la plante mère est dioïque ou monoïque, c'est chose difficile, car les plantes mâles et femelles sont, semble-t-il, exactement faites de la même manière et peuvent à peine être sûrement distinguées pendant la copulation. Les plantes sexuées n'offrent même dans leur structure aucune dissemblance manifeste avec les individus neutres. Seulement, quand il naît des plantes sexuées, ce sont le plus ordinairement des individus à moins de 16 cellules, et notamment des individus à 8 cellules, qui apparaissent. Une circonstance appréciable et qui n'est pas sans importance par ses conséquences, c'est que la destruction de la membrane de la plante mère a lieu plus lentement s'il naît des plantes sexuées que s'il ne se forme que des plantes neutres. Durant cette dissolution ainsi retardée et la transformation en mucilage de la membrane en question, les jeunes plantes sexuées grossissent diversement dans le liquide gommeux qui les baigne et qui s'oppose à leur dissociation ; aussi demeurent-elles longtemps réunies en groupes formés de plus ou moins d'individus, suivant que l'obstacle dont nous parlons exerce plus ou moins d'influence.

Comme les jeunes plantes sont d'abord immobiles, et comme la cellule mère de chacun des groupes qu'elles constituent a perdu pendant leur génération ses cils et son agilité, il en résulte que l'agrégation entière est tout d'abord privée de mouvement. Mais bientôt les jeunes plantes sexuées acquièrent, de la même manière que les neutres, deux cils mobiles sur chacune de leurs cellules, et ces cils entrent en mouvement dès que la consistance

du mucilage ambiant le permet. Le mouvement des cils et des jeunes plantules (fig. 2), pendant que les plantes sexuées grandissent, s'accroît visiblement dans la mesure du progrès que fait la dissolution de la membrane de la cellule mère; peu à peu toutes les plantules du même groupe y participent, et alors le groupe entier encore cohérent jouit d'un mouvement commun de translation et de rotation d'une grande vivacité. Si les circonstances favorisent l'observateur, il peut avoir à la fois sous les yeux, dans le champ du microscope, un grand nombre de ces groupes agiles (fig. 3 et 4) formés d'un plus ou moins grand nombre de plantes sexuées, plongées dans une masse muqueuse d'une faible densité. Parfois ces groupes ne sont pas exclusivement composés de plantes sœurs, car on voit souvent des plantes sexuées isolées qui, après s'être détachées de leur groupe initial, abordent d'autres groupes (*a*, fig. 4). Habituellement alors elles adhèrent au groupe qu'elles ont rencontré et se meuvent avec lui.

Les groupes se meuvent souvent des heures entières, et pendant ce temps on voit se renouveler pour les membranes des plantes sexuées le phénomène de gonflement et de dissolution qui a détruit l'enveloppe de la plante mère dont ils procèdent (fig. 3 *m*); seulement le contenu de leurs cellules ne subit pas de division préalable; il se condense au contraire dans chaque cellule de la plante sexuée en une zoospore unique qui devient libre par le fait de la dissolution dont je viens de parler et qui a lieu ici très-rapidement. Ce phénomène se produit successivement pour toutes les plantules du même groupe, de sorte que de chaque plante sexuée, suivant le nombre de ses cellules constitutives, il naît 8 ou 16 zoospores; celles-ci se mêlent en grand nombre (fig. 3) aux plantules encore cohérentes du groupe et se meuvent avec lui, car leur dispersion trouve un obstacle dans le mucilage abondant qui provient de la dissolution des membranes cellulaires.

Par leur structure générale, les zoospores dont j'expose ici l'origine ne diffèrent aucunement des autres zoospores. Leur rostre incolore a la forme commune; il n'est surtout ni plus

allongé, ni plus contractile que celui des zoospores ordinaires susceptibles de germer ; il possède aussi un corpuscule rouge placé latéralement et deux cils longs et agiles au moyen desquels la zoospore se peut mouvoir à la manière ordinaire et connue (fig. 3 et fig. 4, *s*).

Si l'on compare entre elles les diverses zoospores de *Pandorina*, aucune autre dissemblance que l'inégalité de leurs dimensions ne frappe l'attention ; nul caractère différentiel qui puisse servir à distinguer deux séries de types ; l'inégalité de volume serait même insuffisante à ce but, car, bien qu'on voie de grosses et de petites zoospores, il n'y en a point seulement de deux grosseurs différentes. Les zoospores, aussi bien que les plantes sexuées dont elles procèdent, offrent des volumes très-divers et qui varient entre des limites extrêmes assez distantes. (Voy. les fig. 3 et 4.)

Parmi les zoospores d'inégale grosseur, libres, mais groupées, on en voit qui, finalement, semblent se rechercher et se rapprocher les unes des autres par paires (fig. 3 et 4). Dès qu'elles se rencontrent, elles se touchent par leur extrémité antérieure atténuée et transparente (fig. 3, *a*, *a*) ; elles se confondent en ce point l'une avec l'autre (fig. 3, *c*, *c* ; fig. 4, *b* ; fig. 5, *a*, *b*), et constituent par leur union un corps de forme géminée. La double échancrure (fig. 3, *c*, *c*, *c*) qui trahit la séparation initiale disparaît peu à peu tout à fait, et les zoospores conjuguées constituent en définitive un corps unique globuleux, vert, volumineux (fig. 3, *d* ; fig. 5, *i*), dont le contour régulier ne laisse plus soupçonner qu'il résulte de deux zoospores primitivement séparées. Seulement ce corps (fig. 5, *c*-*h*) est manifestement plus volumineux que les zoospores simples qui sont autour de lui ; la place du rostre incolore est élargie et montre deux corpuscules rouges, l'un à droite, l'autre à gauche ; enfin quatre cils encore agiles sortent deux à deux du voisinage de ces corpuscules. Mais peu de temps après que le couple conjugué a pris la forme globuleuse, les quatre cils deviennent roides, immobiles, et disparaissent entièrement aussi bien que les deux corpuscules rouges (fig. 5, *i*).

Le phénomène de copulation que je décris ici, depuis l'instant où les deux zoospores se soudent par leur rostre jusqu'au moment où le couple prend une forme globuleuse, emploie plusieurs minutes, et même jusqu'à cinq minutes, de sorte qu'il est facile d'en suivre avec précision tous les détails.

Le globule vert né de la conjonction devient une oospore qui, comme je le montrerai bientôt, grossit médiocrement, se colore en rouge, et demeure longtemps en repos avant de germer et de reproduire un nouveau *Pandorina*.

La circonstance qui frappe surtout l'attention dans le phénomène copulatif dont il s'agit, c'est, comme je l'ai déjà remarqué, le défaut manifeste d'une différence appréciable entre les zoospores qui se conjuguent. Leur grosseur relative fournit à peine un élément d'appréciation de leur valeur sexuelle, car en beaucoup de cas l'observateur demeure forcément incertain. Le plus ordinairement une petite zoospore s'unit à une plus grosse, mais assez souvent aussi ce sont des zoospores d'égal volume qui se conjuguent, et ces couples égaux appartiennent soit aux petites, soit aux grosses zoospores. Cette circonstance pourrait aisément induire en erreur; à mon sens, il en faut conclure que les zoospores de l'un et de l'autre sexe peuvent avoir des dimensions très-variables. Or, comme on voit parfois une zoospore relativement très-petite conjuguée avec une très-grosse, et que, d'autre part, quand les zoospores conjointes sont semblables, elles appartiennent toujours l'une et l'autre au type moyen, de sorte que jamais on ne rencontre les plus grosses zoospores accouplées entre elles, j'infère de là que les variations de volume caractérisent plutôt l'un des sexes que l'autre, le sexe femelle, selon toutes les analogies, plutôt que le sexe mâle.

La même chose a lieu pour toutes les plantes mâles et femelles d'où procèdent les zoospores qui s'accouplent. Dans l'appréciation de la valeur sexuelle de ces formes, on ne peut donc dire avec certitude, des plantes et des zoospores sexuées, petites ou de moyenne grosseur, si elles sont mâles ou femelles ; les plus volumineuses, au contraire, tant des plantes sexuées que des

zoospores, peuvent être tenues pour mâles sans hésitation aucune.

Quant à la germination de l'oospore qui résulte d'une copulation, elle a lieu comme celle des autres Volvocinées. A son début, elle offre pourtant encore plus d'analogie avec la germination des spores immobiles qui naissent des microgonidies de l'*Hydrodictyon*.

A-t-on recueilli et desséché les oospores qui se réunissent aux bords des mares où vit le *Pandorina* et qui y figurent de petits amas de globules rouges, il suffit de les mettre dans l'eau pour qu'au bout de vingt-quatre heures leur germination commence (fig. 6-7). De même que chez l'*Hydrodictyon*, l'oospore se rompt par suite de la formation d'un sac intérieur (fig. 6, *b*), et elle laisse échapper une grosse zoospore solitaire (fig. 6, *c*, *d*), plus rarement deux ou trois, résultant de l'inégal partage de la zoospore unique normale.

De la même manière que le contenu de chaque cellule particulière de *Pandorina* (de la cellule dite primordiale, laquelle ne peut être regardée que comme une zoospore) se comporte dans son mode de multiplication, ainsi la grosse zoospore nue dont je viens de parler, dès qu'elle est sortie de l'oospore, se partage successivement en 16 cellules qui se rangent dans le même ordre que les jeunes *Pandorina*, prend des cils s'enveloppe d'une tunique périphérique continue, et finalement devient une jeune plante de *Pandorina* (fig. 7, *a*, *b*, *c*, *d*).

Si nous jetons un coup d'œil de comparaison sur les phénomènes de développement analogues chez les autres plantes, nous rencontrons tout d'abord les genres de Volvocinées où l'acte sexuel passe pour connu. Seulement une dissemblance importante tient ici à ce que M. Cohn, parlant du *Volvox*, et M. Carter à propos du *Volvox* et de l'*Eudorina*, représentent les spores (*Samenkœrper*) comme très-différentes des zoospores par la forme, et décrivent les gonosphères (*Befruchtungskugeln*) comme des cellules globuleuses et immobiles, s'inspirant en cela des phénomènes alors connus dans les Vauchéries et les *Œdogonium*.

Ces différences pourtant s'évanouiraient en partie, si l'on supposait que les cellules qui sont tenues dans le *Volvox* et l'*Eudorina* pour des gonosphères immobiles, ne sont pas en réalité des cellules immobiles, mais bien de grosses zoospores non encore sorties de leur cellule mère. La possibilité qu'il en soit ainsi est évidente, car les deux observateurs que j'ai nommés n'ont point vu d'acte fécondateur ; ils ne l'ont pas décrit non plus d'après l'observation directe qu'ils auraient faite de la conjonction des produits ou éléments sexuels, et c'est uniquement d'après les phénomènes connus chez les Vauchéries et les *Œdogonium* qu'ils apprécient les organes dont ils parlent. Ma supposition peut s'étayer d'une observation de M. Carter, qui, après avoir minutieusement décrit les copulations volvociennes de l'*Eudorina*, parle brièvement d'un phénomène qui pourrait bien être analogue à celui que m'a offert le *Pandorina*, mais que M. Carter interprète d'une façon singulière, en le prenant pour une conjonction accidentelle et anormale d'une seconde forme de spermatozoïdes avec les cellules végétatives ordinaires. A la vérité, peut-être, y a-t-il eu ici quelque confusion avec une seconde plante d'une structure anatomique analogue à celle de l'*Eudorina*, mais on peut aussi supposer que chez le *Volvox* et l'*Eudorina* les gonosphères affectent l'apparence de spermatozoïdes qui seraient fécondés hors de leur cellule mère. De plus, avec cette hypothèse se concilieraient les observations de M. Carter sur les *Cryptoglena lenticularis* et *orbicularis*, observations jusqu'ici négligées et que je ne comprends qu'à présent. Il n'est pas du reste hors de contestation que ce soit ici la place légitime de ces organismes que je n'ai pas encore eu l'occasion de voir. L'échancrure singulière de leur partie antérieure semble indiquer leur parenté avec les *Euglena*.

D'un autre côté, néanmoins, il se pourrait parfaitement que le groupe des Volvocinées offrît aussi des exemples de gonosphères agiles et de gonosphères immobiles. Il faudrait toutefois de nouvelles recherches pour constater ce fait chez les *Volvox* et les *Eudorina*.

Si maintenant nous essayons de comparer la fécondation par-

ticulière du *Pandorina Morum* avec celle des autres plantes, la connaissance des détails que je viens d'exposer, montre ce phénomène comme une modification du mode de génération commun aux Algues zoosporées, et comme un type réel particulier du phénomène reproducteur en général ; de même aussi que la distinction entre les gonosphères agiles et les gonosphères immobiles, fournit, suivant moi, une parfaite intelligence des changements graduels des produits sexuels et de l'acte sexuel lui-même chez les végétaux.

A ce propos, je puis joindre encore à mes observations les courtes indications suivantes.

La copulation des Zygosporées a semblé jusqu'ici un phénomène sans harmonie apparente avec la reproduction des autres Algues, et pour ce motif tout le groupe des Zygosporées demeure comme isolé et surtout parfaitement séparé des Zoosporées.

Vis-à-vis des dissemblances des produits sexuels dans la forme et le volume, dissemblances partout d'ordinaire manifestes et même très-bien caractérisées, les phénomènes copulatifs si différents des autres phénomènes générateurs auraient naturellement dû non-seulement frapper d'étonnement les observateurs, mais encore, comme il est effectivement arrivé en ces derniers temps, donner lieu à des doutes légitimes sur l'appréciation physiologique de la copulation en général. La conjonction des zoospores, telle qu'elle a lieu chez le *Pandorina*, avec des produits sexuels à peine dissemblables encore, est un exemple de copulation chez des plantes douées de produits sexuels agiles, et forme conséquemment une sorte de pont entre les Zygosporées et les Zoosporees; et si je suis fondé à présumer la généralité chez les Zoosporées du phénomène de conjonction dont il s'agit, une connaissance plus exacte de la transformation des microgonidies en spores immobiles dans les Chétophorées, et nommément chez les *Draparnaldia*, montrera que là est vraiment le trait d'union entre les deux classes d'Algues dont nous parlons. C'est au moins ce qui déjà ressort évidemment de la corrélation qui existe entre les phénomènes reproducteurs et les phénomènes de la végétation, et de tout ce qu'on observe quand

les spores immobiles s'engendrent des microgonidies que j'ai qualifiées autrefois de *chronizoospores* (*Dauerschwærmer*).

Tandis que d'un côté l'accouplement des zoospores se lie à la copulation des Zygosporées, de l'autre il se rattache encore plus étroitement aux phénomènes bien connus de la fécondation chez les Zoosporées.

Comparons, par exemple, cette conjonction du *Pandorina* avec l'acte générateur dans l'*Œdogonium* (fig. 9), et considérons bien attentivement la forme et la nature de la zoospore, de la gonosphère et du spermatozoïde de l'*Œdogonium*, lequel spermatozoïde a pareillement ici l'aspect d'une petite zoospore. L'observation directe montre que la masse plastique incolore placée à la partie antérieure de la gonosphère de l'*Œdogonium*, et avec le sommet de laquelle, comme dans le *Pandorina*, vient se confondre le spermatozoïde, est tout à fait identique avec le rostre de l'une des deux zoospores, qui chez le *Pandorina* se conjuguent, aussi bien qu'avec le soi-disant rostre de la zoospore d'*Œdogonium*, qui germe immédiatement. Ainsi s'expliquent sans peine tant la structure des gonosphères immobiles que la nature de leur rostre incolore, et il semble incontestable que ces gonosphères immobiles d'*Œdogonium*, de *Vaucheria* (fig. 10 et 11), ou de *Coleochæte*, auxquelles se relient immédiatement celles des autres Algues, où la tache germinative est moins caractérisée, sinon même à peine distincte, que toutes ces gonosphères, dis-je, ne sont autre chose que des zoospores modifiées, immobiles et sans cils (*cilienlose und ruhende Modificationen der Schwærmsporen*).

L'analogie de structure que je signale entre la gonosphère et la zoospore peut, si je ne m'abuse, être également suivie ailleurs que chez les Algues.

Si l'on admet les conclusions précédentes qui résultent forcément des faits observés, on ne pourra guère se refuser à des conséquences plus éloignées, ne pas reconnaître, par exemple, que l'appareil filamenteux de la vésicule embryonnaire des plantes phanérogames, dont Schacht a fait une étude spéciale, est quelque chose d'analogue à la tache copulative

incolore de la gonosphère des Algues, et que le prétendu rostre ou tache germinative des zoospores trouve aussi dans cette assimilation son interprétation la plus naturelle. A ce même appareil filamenteux correspond également, chez les Cryptogames supérieures, ce que, durant mes recherches sur l'embryogénie des Cryptogames vasculaires, j'ai rencontré dans la cellule centrale de l'archégone du *Salvinia*, c'est-à-dire l'organe que j'ai qualifié de cellule canaliculaire (*Canalzelle*) (1). C'est une ressemblance que je signalai dès cette époque (2), et comme le sentiment que j'exprimais alors sur l'existence probable de cette cellule particulière chez les Mousses et les Fougères s'est trouvé justifié par des recherches ultérieures, on ne saurait plus élever de doute sur la présence constante de cet organe. L'analogie véritable des produits du sexe femelle se trahirait donc extérieurement par l'apparence uniforme de la place où s'exerce l'acte fécondateur. Pour cette place je propose la désignation commune de *tache germinative* (*Keimfleck*), ayant égard à ce qu'elle a morphologiquement la même valeur chez les zoospores en germination. Elle correspond au rostre des zoospores, à la masse plastique incolore contenue dans la partie antérieure de la gonosphère, à la cellule canaliculaire des Cryptogames supérieures et à l'appareil filamenteux de la cellule embryonnaire des Phanérogames. Tantôt elle disparaît dans la formation du rudiment embryonnaire, tantôt au contraire elle en est exclue, et chez les Algues, tandis que la massse entière de la gonosphère de l'*Œdogonium* et du *Pandorina*, y compris toute la tache germinative, est employée à la formation de l'embryon, la génération du *Vaucheria* (fig. 10 et 11), où une partie de la tache germinative est détachée et rejetée avant la fécondation, conduit naturellement (par l'intermédiaire des *Coleochæte* (3) dont l'histoire physiologique est analogue) aux

(1) Voyez les *Comptes rendus mensuels de l'Académie des sciences de Berlin* pour l'année 1863, p. 175, et mon Mémoire sur la morphologie du *Salvinia natans*, dans mes *Annales de botanique scientifique*, t. III, p. 520 et 521.

(2) Voyez les *Jahrb. für wiss. Bot.*, t. III, p. 521 et 536, légende de la pl. IV, fig. 5.

(3) Voyez mes *Annales de botanique scientifique*, t. II, p. 15 et suiv.

phénomènes propres à la cellule canaliculaire et à l'appareil filamenteux, phénomènes qui ne laissent plus subsister que des débris de la tache germinative dissoute. C'est ainsi que la zoospore apparaît comme le type (*Grundforme*) des rudiments embryonnaires (*Embryonalanlagen*) dans le règne végétal, et sa formation, au point de vue où nous nous plaçons, reproduit avec une analogie frappante les phénomènes qui, dans l'embryogénie animale, caractérisent le sillonnement total et le sillonnement partiel (*totale und partielle Furchung*). Une remarque peut encore être utile, c'est que chez les plantes où l'embryon est le résultat d'une génération (*Zeugung*), la direction de sa radicule, grâce au parallélisme de la vésicule embryonnaire et de la zoospore, peut être expliquée par la position de la gonosphère avant la fécondation, car la tache germinative qui, depuis l'*Œdogonium* jusqu'aux Phanérogames, est sans exception tournée vers l'orifice sexuel, comme le montrent les zoospores, correspond à la base ou au pied de l'embryon (*Keimfuss*).

Mais comme en définitive les dissemblances signalées entre les spores et les zoospores n'ont que la valeur relative qui s'attache à des modifications d'un même type, ainsi que le montrent bien les spores des *Œdogonium* et des *Pandorina*, la zoospore dans laquelle déjà les anciens observateurs voulaient voir un lien du règne végétal avec le règne animal, demeure le type commun de tous les corps reproducteurs végétaux doués d'une forme précise ou déterminée, et dès à présent le monde des plantes offrirait une certaine uniformité ou unité embryologique, si les Floridées et les Champignons ne semblaient pas présenter un mode anormal de copulation dont l'intelligence réclame de nouvelles recherches.

Après ces considérations morphologiques qu'il serait aisé de poursuivre et de développer davantage, revenons à l'acte copulatif lui-même ; il n'est pas précisément difficile dès à présent de noter les genres d'Algues où ce phénomène de fécondation ou quelque autre semblable devra vraisemblablement être observé. J'ai pour cela plusieurs sortes d'indications qu'il serait trop long d'exposer ici, et je les trouve, soit dans mes anciennes ob-

servations personnelles, soit dans les écrits de divers auteurs. Beaucoup de phénomènes jusqu'ici incompris et de contradictions inexpliquées qu'on pourrait signaler dans les faits rapportés par des observateurs très-sûrs, relativement à la forme et à la couleur des microgonidies, au nombre de leurs cils, à leur manière de se comporter après que leur période d'agilité a pris fin, aussi bien que relativement aux spores doubles (lesquelles cependant, dans la plupart des cas, mais non peut-être dans tous, comme on l'a cru jusqu'à présent, pourraient n'être que des formes inachevées, des partitions incomplètes) ; tous ces phénomènes, dis-je, ont leur explication satisfaisante dans la connaissance désormais acquise de l'existence d'une copulation.

C'est sur cette donnée que j'ai plus haut basé mes présomptions touchant les genres dont j'ai autrefois qualifié les microgonidies de *chronizoospores* (*Dauerschwœrmer*), et j'ajoute ici que je pouvais déjà, à cette époque, distinguer deux sortes différentes de microgonidies d'après leur couleur, leur grosseur et leur différente manière d'être vis-à-vis de la lumière, mais je n'étais pas alors en état d'apprécier la valeur de ces dissemblances. Quant à entrer dans le détail des motifs de ma présomption sur divers autres genres, je puis d'autant mieux m'en dispenser ici, que tout algologue sera désormais naturellement sollicité à découvrir une copulation ou des gonosphères agiles chez toutes les Zoosporées où l'on ne connaît jusqu'ici que des zoospores. D'ailleurs la présente note ne contient guère que des indications pour des recherches ultérieures, recherches que j'ai moi-même l'intention d'entreprendre aussitôt que j'en trouverai l'occasion favorable et si je ne suis pas devancé par d'autres observateurs.

Les propositions qui suivent contiennent sous une forme concise les résultats généraux des observations que je viens d'exposer :

1° Il y a dans le groupe des Zoosporées des *gonosphères agiles*, c'est-à-dire des embryons rudimentaires (*Eianlagen*), qui imitent de vraies zoospores.

2° Les embryons rudimentaires immobiles (gonosphères) sont

privés de cils et représentent des formes plus ou moins modifiées de la zoospore.

3° La partie antérieure et incolore de la gonosphère des Algues, la cellule canaliculaire des Cryptogames supérieures, et l'appareil filamenteux des plantes phanérogames, sont des formations ou des organes qui ont morphologiquement la même valeur que le rostre, c'est-à-dire la tache germinative, ou, ce qui est la même chose, le pied de la zoospore.

4° Par analogie avec le phénomène du sillonnement total ou partiel de l'œuf animal, la masse de la gonosphère, dans les végétaux, est tantôt employée tout entière, tantôt pour partie seulement, à la formation de l'embryon ; et dans ce dernier cas le pied incolore de la gonosphère est détaché ou isolé, soit tout entier ?, soit partiellement, ce qui a lieu avant la fécondation (*Vaucheria*, *Coleochæte*, *Salvinia*) ou après ? (Phanérogames).

5° De ce fait significatif que la zoospore constituerait morphoogiquement le type élémentaire des corps reproducteurs, on peut déduire une sorte d'unité embryologique pour le règne végétal, et l'on a ainsi une analogie nouvelle, un lien morphologique de plus à joindre à celui tiré de l'histologie, si l'on compare les végétaux aux animaux.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHES 17 ET 18.

[Toutes les figures originales relatives au *Pandorina* et à l'*Eudorina* sont dessinées sous un grossissement uniforme de 480 diamètres.]

Fig. 1. *Pandorina Morum* à l'état adulte.

Fig. 2. Le même, après que ses cellules se sont transformées en plantules sexuées (*Geschlechtspflänzchen*), tandis que ses enveloppes membraneuses se sont extraordinairement gonflées.

Fig. 3. Groupe de plantes sexuées avec d'innombrables zoospores mâles et femelles déjà libres, avant, pendant et après la copulation.

Fig. 4. Très-grosse plante femelle dont l'enveloppe générale est dissoute : dans le haut de la figure, des spermatozoïdes (*Schwärmer*) femelles volumineux prennent leur essor ; plus bas, on en voit deux accouplés avec de très-petits ; auprès, sont de petits spermatozoïdes mâles, libres et agiles.

Fig. 5. Exemples divers de copulation. — *a*, *b*, spermatozoïdes vus dans les premiers moments de leur conjonction ; *c*, *d*, *e*, *f*, oospores nées de la copulation et encore pourvues de cils ; *g*, *h*, autres dont les cils sont devenus roides ; *i*, autre qui a perdu ces appendices.

Fig. 6. Oospores vues après leur période de repos et quand elles commencent de germer. — *a*, oospores desséchées qui ont été mises dans l'eau ; deux d'entre elles se sont déjà sensiblement gonflées ; *b*, formation du sac ruptile (*Bruchsack*) et transformation de son contenu en une zoospore ; *c*, zoospores vues pendant qu'elles passent de la spore dans le sac ruptile ; *d*, spore vidée et sac ruptile dont est sortie la zoospore dessinée au devant.

Fig. 7. *a*, *b*, *c*, états divers de la zoospore subdivisée après son élargissement ; *d*, jeune *Pandorina*.

Fig. 8. *Eudorina elegans* adulte, afin que le lecteur puisse le comparer au *Pandorina Morum*.

Fig. 9 et 10. Figures diverses qui permettent de comparer la copulation du *Pandorina* avec le phénomène sexuel chez d'autres plantes.

Fig. 9. Fécondation de l'*Œdogonium*.

Fig. 10 et 11. Destruction d'une portion de la tache germinative dans le *Vaucheria sessilis*.

Fig. 12 et 13. Gonosphère et cellule canaliculaire du *Salvinia* (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. III, pl. 26).

Fig. 14, 15 et 16. Vésicules embryonnaires avec appareil filamenteux dans le *Santalum*, d'après Schacht (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. IV, pl. 2). Les figures 15 et 16 représentent les vésicules embryonnaires extraites du sac qui les renfermait.

REMARQUES SUR LE MÉMOIRE PRÉCÉDENT,

Par M. Ant. DE BARY,
Professeur de botanique à l'université de Halle.

[Nous extrayons ce qui suit du compte rendu qu'a donné M. de Bary, dans la *Botanische Zeitung* de Berlin (t. XXVIII, p. 90-93), du mémoire de M. Pringsheim dont la traduction précède. — Rédact.]

... La transformation en oospores des cellules sexuées agiles du *Pandorina* est signalée par M. Pringsheim comme une répétition de l'acte copulatif chez les plantes douées de pareilles cellules, comme un phénomène qui unit morphologiquement la copulation des Conjuguées avec les phénomènes reproducteurs des Zoosporées. Il répudie les doutes qu'il avait gardés sur la

question de savoir si la copulation se rattache légitimement à la génération sexuelle, dont elle serait une forme spéciale. M. de Bary ne peut dissimuler sa satisfaction de voir le principal adversaire de cette opinion arriver ainsi au résultat qu'il a lui-même obtenu il y a plusieurs années (*Conjugaten*, Leïpzig, 1858), en se fondant sur des raisons essentiellement de même valeur que celles de M. Pringsheim, bien que déduites d'autres exemples.

. . . .

La zoospore semble donc à M. Pringsheim le type de l'embryon végétal rudimentaire. Les spores et les zoospores n'étant que des modifications d'un seul et même type, ainsi que le montrent les spores du *Pandorina*, des *Œdogonium* et d'autres Algues analogues, on peut voir dans la zoospore comme le type rudimentaire commun de tous les corps reproducteurs végétaux, doués de formes déterminées. Des recherches ultérieures sur les Floridées et les Champignons apprendront sans doute un jour jusqu'à quel point ces familles de plantes limitent la généralité de la proposition. Malgré cette réserve, M. de Bary ne peut souscrire au sentiment de l'auteur. En quoi consiste la ressemblance des cellules sexuées (*Sexualzellen*) femelles avec la zoospore ? Pour les Algues dont il est question, elle consiste aussi sans doute dans la présence de la tache germinative (*Keimfleck*) qui correspond à l'extrémité incolore de la zoospore ; il en est de même pour les Ptéridées et les Muscinées, et peut-être aussi pour les Phanérogames pourvues d'un appareil filamenteux (*Fadenapparat*). Mais on peut se demander si tous les végétaux phanérogames présentent cet appareil particulier ; d'autre part, la tache germinative manque aux Fucacées. M. Pringsheim ne la signale point dans les Saprolégniées ; elle n'existe pas non plus chez les *Peronospora*, les *Erysiphe* et d'autres Champignons qu'il n'est pas besoin de citer ici. Abstraction faite de ces deux derniers genres de Champignons où de tout autres circonstances prévalent, ce qu'il y a de commun à toutes les cellules sexuées femelles signalées jusqu'ici, aussi bien qu'aux produits fertiles de la conjonction (*Copulationskœrper*) de la plupart des Conjuguées, c'est que ce sont des cellules primordiales (*Primordialzellen*), dépourvues de

membrane propre au moment de la fécondation, et libres d'adhérence à la paroi de la cellule mère, ou autrement des masses plastiques isolées du système végétatif. En cela, toutes les cellules femelles, sans exception, imitent les zoospores; mais, pour la forme et la structure, elles leur ressemblent très-inégalement et souvent très-peu. De toutes les conséquences qui ressortiraient des faits rapportés par M. Pringsheim, M. de Bary ne saurait donc admettre rien de plus qu'une proposition formulée de la manière suivante :

Là où une cellule primordiale se détache ou s'isole du système végétatif, elle se rapproche dans beaucoup de cas, mais non dans tous, à beaucoup près, de la forme et de la structure de la cellule primordiale qui devient libre à titre de zoospore. Pour ce qui regarde les cellules sexuées mâles, la comparaison qu'on en ferait avec les zoospores, en n'ayant égard qu'à la forme extérieure, serait assez satisfaisante pour les Conferves et les Fucacées, aussi bien, sans doute, que pour les Floridées; elle laisserait déjà plus à désirer pour les spermatozoïdes des Fougères, des Mousses et des *Chara;* mais elle ne saurait se soutenir avec les grains du pollen et les tubes polliniques, qui sont des corps reproducteurs sexués de formes parfaitement définies, et nullement des cellules sans membrane se détachant des tissus ambiants. Le rapporteur ne veut rien dire des Floridées ni des Champignons, pour les mêmes motifs que l'auteur, et il borne là ses critiques en formant le vœu que de nouvelles explications en atténuent la portée.

QUELQUES REMARQUES EXPLICATIVES SUR LES CONCLUSIONS

TIRÉES DE SES OBSERVATIONS

SUR LA COPULATION DES ZOOSPORES,

Par M. N. PRINGSHEIM,
De l'Académie des sciences de Berlin (1).

[Traduit de la *Botanische Zeitung* de Berlin, t. XXVIII, n° 17, pages 265-272.]

I. — Le fait capital que j'ai eu à exposer est celui-ci : le *Pandorina Morum* présente un mode de reproduction qui s'écarte des formes connues de ce phénomène et qui se traduit par une sorte de copulation des zoospores ; ou, pour caractériser le même fait en d'autres termes, il existe une Zoosporée, le *Pandorina Morum*, où les deux éléments générateurs, la cellule sexuée mâle (*männliche Sexualzelle*) et la cellule femelle, s'offrent sous la forme de zoospores, et se ressemblent tellement en outre par leurs caractères extérieurs, qu'il est parfois difficile de saisir la moindre différence entre les zoospores conjuguées.

Ce fait m'a paru remarquable à plusieurs titres.

Il était d'abord permis de présumer que d'autres exemples d'un tel phénomène seraient bientôt observés, notamment chez les Zoosporées dont les cellules sexuées femelles (*weibliche Sexualzellen*) n'ont point encore été découvertes, ces cellules s'étant peut-être dissimulées jusqu'ici entre les diverses formes connues de zoospores ; et si jusqu'ici les observateurs se sont inutilement appliqués à découvrir en elles l'acte sexuel, la cause en est peut-être à ce qu'ils n'ont tous songé qu'à des gonosphères *immobiles* et que leurs recherches n'ont point eu d'autre objectif. Ainsi s'offrait la perspective de combler une lacune importante dans la

(1) *Einige erläuternde Bemerkungen zu den Folgerungen aus seinen Beobachtungen über Schwärmsporen-Paarung*, von N. PRINGSHEIM.

connaissance des phénomènes sexuels. C'est ce que je conclus tout d'abord de mes observations, en même temps que des recherches antérieures, restées incomplètes, me permettaient de signaler quelques genres où vraisemblablement l'acte sexuel se reproduirait avec des caractères très-analogues à ceux offerts par le *Pandorina Morum.*

Que cette supposition fût ou non fondée, c'est ce que montreront les recherches qu'elle doit provoquer ; les faits seuls la peuvent justifier ou contredire.

II. — Il en est autrement de la seconde conséquence que je n'ai pu ne pas déduire de mes observations réitérées du phénomène en question, conséquence susceptible d'interprétations diverses parce qu'elle n'est qu'une considération morphologique. Elle a trait aux rapports du phénomène observé chez le *Pandorina* avec la copulation des Conjuguées.

J'ai cru voir dans l'acte copulatif du *Pandorina* comme une sorte de lien transitif entre la copulation proprement dite des Conjuguées et la reproduction des Zoosporées, laquelle a lieu, comme on sait, au moyen de spermatozoïdes et de gonosphères immobiles. M. de Bary, si je l'ai bien compris, n'adopterait qu'en partie cette appréciation. C'est du moins ce que j'infère de la réserve qu'il met à prendre le phénomène dont il s'agit pour une copulation. Car, en même temps qu'il se réjouit de ce qu'après avoir été, dit-il, le principal adversaire de l'opinion qui fait de la copulation une forme particulière de la génération sexuelle, j'adhère aujourd'hui à ce sentiment, il fait observer que les motifs sur lesquels je me fonde sont essentiellement de la même valeur que ceux qu'il a lui-même invoqués il y a plusieurs années.

Ceci va me fournir l'occasion de préciser mieux que ne le fait M. de Bary ma position première vis-à-vis de cette question ; j'exposerai en même temps les raisons pour lesquelles je regarde aujourd'hui plus volontiers qu'autrefois la copulation comme un acte sexuel ; je dirai ce qu'il y a, suivant moi, de vraiment neuf pour le sujet, ce que la copulation du *Pandorina* apporte

d'éléments nouveaux à notre jugement, et j'espère ainsi mettre en lumière les rapports réels des différents phénomènes.

Les premiers observateurs de la copulation l'ont tenue pour un phénomène sexuel, et ils se sont autorisés de raisons qui ont conservé jusqu'ici leur valeur. Néanmoins et malgré la connaissance plus approfondie qui fut acquise du fait en lui-même, cette opinion fut contredite, et quiconque n'est pas absolument étranger à la littérature algologique ancienne ou plus récente, mais déjà vieillie, sait parfaitement qu'avant la découverte de l'acte sexuel chez les Zoosporées, c'était une opinion universellement reçue que la copulation ou conjugation des Conferves n'était nullement un phénomène sexuel. Je puis, à cet égard, s'il en est besoin, renvoyer le lecteur à mes notes critiques et historiques sur les recherches relatives à la sexualité des Algues (1), publiées à Berlin en 1856. Là j'ai mis en regard et pesé les raisons pour et contre, celles qui ont pu être invoquées depuis la découverte de la sexualité des Conferves, et je suis arrivé à une conclusion que Meyen, le plus intrépide champion de toute sexualité possible dans le règne végétal, avait admise dès 1839 dans sa *Physiologie* (t. III, p. 416), à savoir, que la valeur de la copulation comme acte sexuel ne pouvait être ni affirmée, ni niée. Mon opposition se borna là. Une preuve que la non-identité de la copulation et de la génération sexuelle n'avait point encore, en 1869, l'assentiment unanime des auteurs, se trouve dans l'interprétation que fait le docteur Pfitzer des produits de la copulation chez les Diatomées, produits qu'il qualifie d'*auxospores*. (Voyez les Comptes rendus des séances de la Société d'Histoire naturelle du Bas-Rhin, de Bonn, et la *Bot. Zeitung* pour 1869.)

Que l'acte copulatif des Conjuguées puisse être pris physiologiquement pour un cas d'union sexuelle, c'est ce que tout le monde concède ; mais tout en tenant compte de ce que les mélanges plastiques intestins, ceux par exemple qui ont lieu

(1) *Zur Kritik und Geschichte der Untersuchungen über das Algengeschlecht.* Berlin, 1856.

dans l'épaisseur des tissus, n'ont pas toujours le caractère de phénomènes sexuels, les botanistes qui partageaient mon sentiment devaient tous nécessairement remarquer que les deux phénomènes, malgré les circonstances particulières à quelques copulations sur lesquelles M. de Bary s'appuie et qu'il met justement en relief, sont cependant si indépendants l'un de l'autre morphologiquement, que pour aucun des exemples connus il n'est possible de douter s'il appartient à l'une ou à l'autre série ; et à ces dissemblances caractérisées des deux phénomènes correspond aussi la place respective qu'ont reçue dans les classifications systématiques les deux groupes des Conjuguées et des Zoosporées entre lesquels personne n'a jamais essayé de placer quelque intermédiaire, tant les limites qui les séparent semblaient précises et absolues.

Pour moi, au contraire, j'estime que le *Pandorina* a rompu ces barrières. Ceux qui ont soutenu la valeur sexuelle de la copulation, comme MM. Areschoug, Hofmeister et autres, et se sont fondés pour cela sur un grand nombre d'observations, comme M. de Bary dans le mémoire cité plus haut, ont exclusivement emprunté les motifs de leur opinion aux phénomènes particuliers à la copulation des Conjuguées proprement dites ; ils ont invoqué comme des différences sexuelles le plus ou moins de volume des masses conjuguées ou de leurs cellules mères, caractères dont la constance, la valeur et la signification sont encore très-contestables. Quoique tout cela fût fondé comme on l'accordera volontiers *aujourd'hui*, il manquait encore alors à une démonstration complète et à une conviction morphologique entière des transitions à un autre ordre, c'est-à-dire à la série des Zoosporées. L'acte fécondateur du *Pandorina*, si mon appréciation est reçue, reproduit la génération incontestée des Zoosporées, sous la forme simplifiée de la conjonction de deux éléments sexuels morphologiquement et anatomiquement semblables en apparence, c'est-à-dire que la fécondation du *Pandorina* montre un acte copulatif dans la classe des Zoosporées. De sorte que le phénomène peut être compris, soit comme une modification particulière de la copulation entre éléments agiles et ciliés, soit comme une forme

modifiée de la génération des Zoosporées, où la cellule sexuée femelle serait agile et imiterait une zoospore ; ainsi semble-t-il un véritable trait d'union entre les deux modes. Par là se trouvent rapprochés les deux groupes des Zoosporées et des Conjuguées, tenus jusqu'ici éloignés l'un de l'autre, et l'on peut dès à présent signaler les genres d'Algues qui serviront d'intermédiaires entre eux. Je vois de plus en ceci un élément morphologique nouveau et très-important pour l'appréciation de la valeur propre de la copulation ; ma théorie n'a pas d'autre base.

III. — A propos de la forme des gonosphères dans le *Pandorina* et quelques Zoosporées, j'ai fait une exposition morphologique générale de la structure de la cellule femelle d'abord, puis de la cellule sexuée en général, en montrant que cette structure représente des modifications graduelles et successives des zoospores. La critique de M. de Bary est ici plus décidée ; il fait remarquer que les cellules sexuées ne sauraient toutes se ramener à la forme de la zoospore. Or, non-seulement je le lui accorde, mais encore je réitère la remarque que les phénomènes fécondateurs chez les Floridées et les Champignons, si bien qu'ils puissent introduire à l'intelligence de l'acte générateur, ne sont cependant pas susceptibles de comparaison avec ce qui se passe dans les autres familles de Cryptogames. A la vérité, si d'après les connaissances actuellement acquises, toute cellule sexuée pouvait être légitimement prise pour une zoospore, ma thèse cesserait d'être une pure conception morphologique destinée à rencontrer plus ou moins d'accueil auprès des botanistes, suivant le goût de chacun, ou tout au plus une interprétation heureuse d'expériences conduites avec art ; ce serait réellement un fait. Il doit me suffire que quelques-uns des phénomènes les plus connus exigent précisément cette interprétation, et que d'autres mieux observés s'y doivent rattacher, de façon qu'il y ait lieu de présumer que ceux qui restent à étudier s'y soumettront de même.

D'abord, en ce qui touche le tube pollinique, je ne puis parta-

ger l'opinion que semble défendre M. de Bary, c'est-à-dire reconnaître dans cet organe des Phanérogames quelque chose de physiologiquement équivalent aux spermatozoïdes des Cryptogames. Ce qu'on sait des Rhizocarpées s'élève contre cette assimilation ; j'estime, en outre, toujours permis de tenir au besoin les Phanérogames pour des Cryptogames, ou réciproquement, et, par suite, d'emprunter à la génération des Cryptogames les motifs de nos théories. Les filaments spiraux agiles des Mousses et des Fougères ne me paraissent pas différer tellement des zoospores, qu'ils ne puissent être pris pour des formes particulières ou des manières d'être de celles-ci. Au premier abord, peut-être est-il plus difficile de regarder les cellules sexuées femelles comme des zoospores modifiées. Ici la ressemblance, suivant M. de Bary, se borne au caractère commun de cellule primordiale. « Cependant, ajoute-t-il, pour ce qui est des Algues mentionnées par M. Pringsheim, cette ressemblance résulte *aussi* de la présence de la tache germinative qui correspond à l'extrémité incolore de la zoospore ; il en est de même pour les Ptéridées et les Muscinées, et peut-être encore pour les Phanérogames pourvues d'appareil filamenteux. »

C'est justement le caractère commun de tant de cellules sexuées femelles qui fut le point de départ de mes considérations et de la distinction que j'essayai d'établir entre les cellules sexuées et les autres cellules primordiales, et c'est dans cet *aussi* par lequel M. de Bary reconnaît la propriété commune que j'ai mise en lumière, et qui réunit manifestement des cellules sexuées femelles appartenant à des séries très-diverses de végétaux, que j'ai trouvé l'occasion de concevoir les cellules sexuées comme des cellules primordiales particulières ; car la notion de la cellule primordiale ne comporte aucunement la présence nécessaire d'une tache germinative, et en appelant l'attention sur ce point, j'ai simplement cherché à rendre vraisemblable que les cellules sexuées sont une sorte particulière ou une catégorie spéciale de cellules primordiales dont la zoospore représente la forme fondamentale.

Si l'on m'accorde avec M. de Bary que l'existence d'un point

incolore dans la région antérieure de la cellule sexuée femelle soit un fait démontré pour le plus grand nombre des plantes, et si l'on ne nie pas la ressemblance ou l'analogie de ce point avec le soi-disant rostre ou l'extrémité radiculaire de la zoospore, il ne me paraît pas qu'on soit si fort éloigné de reconnaître la cellule sexuée femelle pour une zoospore modifiée. Des recherches ultérieures rendront raison de l'absence apparente de la tache germinative dans les *Saprolegnia*, les *Fucus* et les *Peronospora;* il suffit de songer que personne jusqu'ici ne s'est appliqué à la découvrir, et qu'elle n'a été observée dans les Ptéridées et les Muscinées que lorsqu'on s'est pris à l'y chercher.

Quand on compare la fécondation du *Pandorina* avec celle de l'*Œdogonium*, puis les gonosphères immobiles de ce dernier genre avec ses zoospores, androspores et spermatospores, il est impossible, dès qu'on sait que les gonosphères peuvent revêtir la forme de zoospores, de ne pas être très-frappé de ce qu'ici, sans nul doute, la cellule sexuée femelle est une zoospore qui a perdu ses cils, et que les diverses fonctions physiologiques de la génération sexuelle et de la multiplication asexuelle sont remplies par des formes diverses de zoospores. Ce ne peut être évidemment là un fait isolé et sans signification. Ce fait acquiert de la valeur quand on réfléchit aux modifications graduellement croissantes que subit la forme de la zoospore dans les genres voisins, comme celui des Vauchéries, par exemple ; ces modifications sont surtout frappantes si, ne se bornant pas à l'examen des zoospores ordinaires des Vauchéries, on leur compare celles de l'ancien *Vaucheria marina* (*Derbesia* des auteurs modernes).

Pour ce qui est des végétaux supérieurs, aux analogies de structure déjà signalées plus haut s'ajoute la direction constante de l'extrémité radiculaire de l'embryon. Bien des explications de ce fait remarquable ont été proposées, depuis que celle d'Endlicher, fondée sur la fausse théorie schleidénienne de la fécondation des Phanérogames, a dû être abandonnée. Il trouve à mon sens son éclaircissement naturel si, étant admise l'identité du rostre de la zoospore et de la tache germinative de la cellule femelle, cette tache où l'acte fécondateur se produit, et qui se reconnaît

déjà très-bien auparavant, doit être considérée comme l'extrémité radiculaire du rudiment embryonnaire, vésicule embryonnaire ou gonosphère.

Je conçois sans peine que de pareilles appréciations rencontrent des contradicteurs, car les théories morphologiques ne sont pas des propositions mathématiques. Mais qu'on veuille bien permettre à leur auteur de ne les point répudier ; si quelqu'une des analogies indiquées paraît à l'un trop douteuse, à l'autre trop générale, il me semble pourtant que le débat ne devra réellement plus porter que sur la question de savoir dans quelles limites il faut reconnaître que les cellules sexuées femelles des végétaux sont des zoospores modifiées.

REMARQUES

SUR

LA POSITION DES TRACHÉES DANS LES FOUGÈRES,

Par M. A. TRÉCUL (1).

III

A un travail dans lequel il est dit que la structure, l'orientation et la symétrie des faisceaux sont les mêmes dans tous les végétaux acrogènes, ayant eu l'occasion d'opposer, entre autres objections, quelques remarques faites sur des Fougères, je crus le moment venu de poursuivre des recherches que mes autres occupations m'avaient jusque-là empêché de continuer. Je choisis alors parmi les pétioles de ces plantes des types de constitution très-divers, et le 21 juin 1869 je fis part de mes résultats à l'Académie. Puis, le 26 juillet, je décrivis l'organisation si complexe du *Pteris aquilina*. Aujourd'hui, j'ai pour but principal l'étude des tiges de bon nombre des plantes que j'ai nommées dans ma communication du 21 juin, et de plusieurs autres espèces appartenant aux mêmes genres ou aux mêmes types de structure.

En ce qui concerne spécialement la position des trachées dans les Fougères, bien que Link ait dit, en 1834 (2) que dans les faisceaux de la tige du *Polypodium ramosum*, qu'il prend pour exemple, *presque tous* les vaisseaux spiraux sont passés à l'état de vaisseaux scalariformes, il paraît évident qu'il n'a pas reconnu la présence des trachées dans les Fougères, et, de plus, il appelle *Spiralgefæsse*, *vasa spiroidea*, *vasa spiralia*, les vaisseaux scalariformes et ponctués.

(1) Voyez *Ann. des sc. nat.*, 5[e] série, t. X, p. 344, 1[re] et 2[e] partie.

(2) Link, *Abhandl. der kön. Akad. der Wiss. zu Berlin*, 1834, nouv. sér., t. XVIII, p. 377.

Il n'en est pas de même pour M. Karsten (1). Quoiqu'il emploie le mot *Spiralfaser* pour désigner les faisceaux eux-mêmes, il dit très-précisément que pendant le prompt accroissement des jeunes feuilles, les fibres spiralées s'allongent en fibres déroulables.

En 1854, M. Lestiboudois (2) signalait aussi les trachées dans la tige des Fougères, et il croyait la constitution des faisceaux de ces plantes identique avec celle qu'ils ont dans les Monocotylédones et dans les Dicotylédones, n'ayant pas observé la position de ces vaisseaux spiraux.

En 1855, M. H. Schacht (3) admet que, dans le faisceau des Fougères, les vaisseaux spiraux ou annelés se forment d'abord, les vaisseaux scalariformes plus tard, et que l'arrangement régulier ou irrégulier des cellules vasculaires au milieu du *cambium* est essentiellement le même dans toutes les plantes de cette famille.

M. P. Bert (4), parlant, en 1859, de la présence des trachées dans les jeunes frondes, dit qu'elles lui ont semblé occuper le plus souvent les parties centrales des faisceaux.

Déjà, en 1857, M. W. Hofmeister (5) avait annoncé que, dans la tige du *Pteris aquilina*, il y a un petit groupe axile de vaisseaux spiraux dans chaque faisceau à section transversale circulaire, et le plus souvent trois dans les faisceaux larges ou elliptiques, qui en ont un au milieu et un autre dans chaque foyer de l'ellipse; mais M. Hofmeister ne dit pas que la position des vaisseaux spiraux est différente dans les frondes de cette même plante.

En 1859, M. H. W. Reichardt (6) admit des vaisseaux spi-

(1) H. Karsten, *Abhandl. der kön. Akad. der Wiss. zu Berlin*, 1847, p. 189.

(2) Lestiboudois, *Comptes rendus*, t. XXXIX, p. 988.

(3) H. Schacht, *Lehrbuch der Anat. und Physiol. der Gewächse*. Berlin, 1855, p. 314.

(4) P. Bert, *l'Institut*, 1859, p. 267.

(5) W. Hofmeister, *Abhandl. der math.-physisch. Classe der kön. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*. Leipzig, 1857, t. III, p. 626.

(6) H. W. Reichardt, *Denkschriften der kais. Akad. der Wiss. math. naturwiss. Classe*. Wien, 1859, t. XVII, 2e partie, p. 25.

raux dans tous les faisceaux de la tige des Fougères indigènes.

M. Schleiden (1) dit simplement que dans les faisceaux des Fougères il y a des vaisseaux munis de petits pores, et le plus souvent de fentes, et que cependant des vaisseaux spiraux déroulables existent en général dans le pétiole.

Enfin, suivant M. Mettenius (2), des cellules à spiricules déroulables existent vers la surface et souvent aussi au milieu du corps vasculaire central de la tige des Hyménophyllacées. De plus, le même anatomiste assure avoir trouvé des cellules à fibres spirales dans les faisceaux grêles de la tige de l'*Angiopteris evecta*, mais pas du tout dans les faisceaux plus forts, comme les lamellaires (3). Où l'on observe ces cellules spiralées, elles sont, ou sur la face interne du faisceau, ou plus près du centre de celui-ci. Dans la base du pétiole (4), les cellules à fibres spirales sont au côté interne des faisceaux périphériques, et au milieu des faisceaux du centre. D'après M. Mettenius, il y aurait également des cellules spiralées dans les racines de l'*Angiopteris evecta*. C'est aussi l'avis de M. Harting (5). Cependant je n'ai pu apercevoir que de petits vaisseaux réticulés au côté externe des groupes rayonnants des vaisseaux scalariformes, ainsi que dans les racines de l'*Angiopteris Willinckii* et du *Marattia Kaulfussii*.

On voit par ce qui précède que, jusqu'à présent, presque rien n'a été précisé sur la position des vaisseaux spiraux vrais ou trachées dans les Fougères.

Dans mes communications précédentes, j'ai montré que si les trachées et les vaisseaux annelés existent assez souvent sur le milieu de la face interne des faisceaux dorsaux des pétioles de diverses espèces, ils se rencontrent aussi très-fréquemment sur les côtés des faisceaux, soit à la surface même de ceux-ci,

(1) Schleiden, *Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik*. Leipzig, 1861, p. 321.

(2) Mettenius, *Abhandl. der math.-physischen Classe der kön. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*. Leipzig, 1865, t. VII, p. 418.

(3) Mettenius, *ibid.* Leipzig, 1864, t. VI, p. 516.

(4) Mettenius, *ibid.*, p. 517.

(5) P. Harting, voy. *Monographie des Marattiacées*, par W. H. de Vriese. Leyde et Dusseldorf, 1853, p. 40

soit enfermés dans des crochets particuliers composés de vaisseaux rayés, ponctués ou autres, ordinairement plus petits que tous les autres vaisseaux. Dans certains cas, le système vasculaire affecte, sur la coupe transversale, la forme d'un X ou d'un T, dont toutes les branches ont des vaisseaux annelés et des trachées à leurs extrémités. J'ai dit aussi que, se trouvant parfois dans de petits enfoncements épars à la surface de lames vasculaires plus ou moins larges, les vaisseaux trachéens et annelés peuvent être rejetés vers l'extérieur par les vaisseaux qui bordent l'anse, et qui, en se rapprochant, obstruent l'ouverture de celle-ci sur la face interne de la lame. J'ai dit encore que si, dans le pétiole du *Pteris aquilina*, les vaisseaux spiraux et annelés sont situés vers les extrémités latérales des faisceaux, ils sont au contraire à l'intérieur de la tige, dans la région centrale des faisceaux. Enfin, j'ai annoncé qu'il n'existe pas de trachées dans le rhizome du *Polypodium aureum* (t. X, p. 355). Toutes les plantes que j'ai nommées et toutes celles que je vais citer prouvent qu'il n'y a point unité de constitution, d'orientation et de symétrie dans les végétaux vasculaires (1).

Aux personnes qui voudraient prétendre que ce ne sont pas des trachées qui existent dans les Fougères, mais seulement des vaisseaux annelés et des vaisseaux réticulés, comme ces organes sont très-souvent altérés dans la plante adulte, je répondrais en les renvoyant à l'étude des pétioles du *Blechnum brasiliense* et de l'*Aspidium falcatum*, etc., où les plus belles trachées existent toujours en très-grand nombre. Et d'ailleurs, pour soutenir qu'il n'y a pas unité de disposition, d'orientation et de symétrie des faisceaux, je n'ai besoin que du petit groupe des réticulés ou spiro-annelés proprement dits. Ces derniers petits vaisseaux, comme le savent les phytotomistes expérimentés, existent sur la face interne du groupe trachéen, dont ils ne sont pour ainsi dire que la partie la plus interne, chez les nombreux Phanérogames dans lesquels ils ont été observés; tandis que dans les Fougères ils occupent, ainsi que les tra-

(1) Voyez aussi, à l'appui de cette conclusion, ma communication du 1er mars 1869 (*Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 514).

chées, les diverses positions que j'ai mentionnées, et souvent on n'en trouve pas de trace dans les rhizomes.

Les plantes dont je veux parler dans cette communication et dans la prochaine se divisent en deux catégories principales. Dans la première, chaque maille du système vasculaire de la tige porte une feuille, tandis que dans la seconde les feuilles ne se développent que sur deux lignes à des places particulières indiquées par M. Mettenius, sur le travail duquel j'aurai occasion de revenir. Voyons d'abord les plantes du premier type. Je les rangerai suivant le nombre et la disposition des faisceaux du pétiole.

Dans l'*Athyrium Filix-femina*, il n'émane de chaque maille du système vasculaire du rhizome, qui est dépourvu de vaisseaux spiraux et annelés, qu'un seul faisceau pétiolaire, et il est inséré à la base même de la maille. Un faisceau radiculaire est placé un peu au-dessous de lui sur le gros faisceau qui termine inférieurement la maille. Cet unique faisceau pétiolaire, légèrement canaliculé en dessus, et qui, presque dès sa base, enserre des vaisseaux spiraux et annelés dans sa région moyenne, se bifurque vers son entrée dans le pétiole, et là chaque branche s'élargit; puis, par un écartement de ses vaisseaux latéraux sur la face interne, s'ouvre en crochet d'abord au côté dorsal, ensuite au côté supérieur. Ce sont ces crochets qui, dans la partie inférieure du pétiole, recouvrent les vaisseaux spiraux et annelés. Mais plus haut les deux faisceaux pétiolaires s'unissant en gouttière par leurs crochets dorsaux, les vaisseaux spiraux et annelés, correspondant à ces derniers crochets, se trouvent dans de petits enfoncements de la face interne. La gouttière s'affaiblit ensuite graduellement de bas en haut, comme il a été dit antérieurement.

M. Hofmeister (*Abhandl. der math.-physisch. Classe der kœn. Sæchs. Gesells. der Wiss.*, Leipzig, 1857, t. III, p. 649) a émis une opinion bien différente sur la structure de l'*Aspidium Filix femina*. Il pense que de l'angle sommet de chaque maille du réseau vasculaire de la tige part un faisceau simple, qui entre dans le pétiole, le parcourt sur une certaine étendue, puis se

divise en deux, et plus haut encore en plusieurs. M. Hofmeister ajoute qu'une racine naît régulièrement sur le faisceau pétiolaire simple au-dessous de sa première bifurcation.

La vérité est que, d'une part, le faisceau pétiolaire est inséré à la base de chaque maille, que ce faisceau se bifurque vers son entrée dans le pétiole, et que les deux nouveaux faisceaux s'unissent plus haut en gouttière ; d'autre part, que le faisceau vasculaire de chaque racine est inséré sur la tige même, au-dessous du point de départ du faisceau pétiolaire simple.

Dans les *Aspidium Serra*, *patens*, *molle*, *violascens*, *uliginosum*, *Cunninghami*, *decursive-pinnatifidum*, *Thelypteris ; Asplenium striatum*, *Lasiopteris ; Struthiopteris germanica*, etc., il naît de chaque maille du réseau vasculaire de la tige deux faisceaux pétiolaires, un de chaque côté, insérés vers le tiers, la moitié ou les trois quarts de la hauteur des mailles, suivant les espèces.

Dans toutes ces plantes, ces faisceaux pétiolaires ont des crochets sur les deux côtés, et ils s'unissent, à une hauteur variable, par les crochets dorsaux, en gouttière qui se comporte comme je viens de le rappeler (1).

(1) Dans l'*Adiantum tenerum*, les deux faisceaux du pétiole n'ont que de très-faibles crochets latéraux. Après que ces deux faisceaux se sont unis en V très-ouvert par leurs crochets dorsaux, les gros vaisseaux rayés des deux branches du V, se rapprochant en avant du groupe trachéen qui occupe le fond de ce V, l'enferment, et il est alors au côté dorsal du système vasculaire principal, n'étant séparé de la face externe que par la rangée des tout petits vaisseaux rayés qui le recouvrent de ce côté ; mais ici la clôture interne définitive est moins constante dans les parties inférieures du pétiole que dans les exemples analogues que j'ai signalés antérieurement. — Link a représenté le premier les crochets latéraux que simule l'arrangement vasculaire dans les faisceaux de certaines Fougères. Il en figure quelques exemples *sans les décrire*, dans son mémoire de 1835 (*Abhandl. der kön. Akad. der Wiss. zu Berlin*, t. XIX, p. 85, fig. 2, 3 et 7), et dans ses *Icones selectæ anatomico-botanicæ* de 1841, fasc. III, tab. I, fig. 8, les beaux crochets des faisceaux du pétiole de l'*Aspidium molle* ne sont indiqués que par les mots « *vasorum fasciculi.. .. flexi* ». Dans la figure 9, il montre les deux faisceaux pétiolaires s'unissant en gouttière par le côté dorsal dans la partie supérieure de l'organe, lequel mode de réunion il avait signalé en 1835. Il représente même les anses qui existent sur la face interne de chaque côté du fond de la gouttière ; mais il n'a pas aperçu les vaisseaux spiraux que ces anses et ces crochets renferment, soit dans cette plante, soit dans les autres espèces qu'il a mentionnées.

Dans quelques espèces (*Aspidium Serra* et *patens*, par exemple), outre le groupe trachéen ou spiro-annelé des deux crochets, il y a un autre groupe semblable (quelquefois deux dans l'*Aspidium Serra*) dans un petit enfoncement placé à quelque distance au-dessus de l'anse ou crochet dorsal. Dans l'*Aspidium Serra*, chaque faisceau est géniculé en cet endroit, et cet enfoncement, ou anse moyenne, est fermé graduellement de bas en haut vers l'intérieur par le rapprochement des gros vaisseaux rayés qui le bordent, de façon que le groupe spiro-annelé est rejeté vers l'extérieur du faisceau, où il disparaît plus haut, comme j'en ai déjà cité un exemple en parlant du *Pteris longifolia*. Dans l'*Aspidium patens*, l'anse de la région moyenne du faisceau se rapproche peu à peu du crochet dorsal et finit par se confondre avec lui.

Parmi les plantes que je viens de nommer, l'*Aspidium decursive-pinnatifidum*, l'*Asplenium striatum* et l'*Adiantum tenerum*, ne possèdent pas de vaisseaux trachéens, ni de spiro-annelés dans les faisceaux de la tige. Au contraire, dans les autres espèces, il en existe sur les lamelles minces qui forment des décurrences diminuant graduellement de largeur à partir des faisceaux pétiolaires qu'elles prolongent plus ou moins par en bas sur les côtés des faisceaux de la tige. Alors ces faisceaux sont souvent bordés d'un commencement de crochet vasculaire comme ceux du pétiole, mais d'autant plus réduit qu'il est observé plus bas.

Dans l'*Aspidium uliginosum*, ces lames décurrentes s'arrêtent vers le milieu de l'espace qui sépare de la base de la maille l'insertion des faisceaux pétiolaires, et les vaisseaux spiraux et annelés cessent avec elles.

Dans les *Aspidium Thelypteris*, *Cunninghami*, *violascens*, *molle*, *Struthiopteris germanica*, *Asplenium Lasiopteris*, etc., le groupe des vaisseaux spiraux et annelés se prolonge jusqu'au bas de chaque maille. Dans l'*Asplenium Lasiopteris*, on le suit jusqu'au-dessous du faisceau radiculaire inséré à 1 ou 2 millimètres plus bas.

Dans l'*Aspidium Thelypteris*, la décurrence est faible sur les

faisceaux de la tige, mais fort remarquable par la disposition du petit groupe vasculaire qui la constitue, et qui s'ouvre souvent en crochet. Ce groupe contient des vaisseaux spiraux et annelés fort grêles, et est placé sur les côtés des faisceaux de la tige le plus loin possible de la face interne, à la limite de leur face externe. C'est ce qui fait qu'au bas de chaque maille, où les deux faisceaux qui bordent celle-ci se rencontrent et se fusionnent, les deux petits groupes à vaisseaux spiraux et annelés décurrents, après s'être assemblés les premiers, se trouvent réunis en un seul, qui fait même d'abord saillie au milieu de la face externe du gros faisceau basilaire ainsi doublé. Il s'efface un peu plus bas. Ici, comme ailleurs, les vaisseaux spiraux et annelés ne sont pas tout à fait superficiels : comme dans les crochets et dans la plupart des anses dont il est ici souvent question, ils sont limités extérieurement par une rangée de petits vaisseaux rayés ou ponctués (1).

Cette dernière disposition de ces petits vaisseaux à la face externe du gros faisceau basilaire des mailles est ordinaire dans les cas de cette nature. J'en citerai d'autres exemples ; mais dans cette plante et dans les stolons souterrains grêles du *Struthiopteris germanica*, elle est particulièrement digne d'attention.

Quand les lames décurrentes sont larges, elles peuvent être parcourues sur leur face interne par deux, trois ou même quatre lignes de vaisseaux spiraux et annelés, placées dans de petits enfoncements. J'en ai observé deux dans l'*Aspidium uliginosum*, trois dans l'*A. violascens*, jusqu'à quatre dans les *A. Serra* et *patens*.

Dans les autres parties des faisceaux de la tige, par exemple au-dessus de l'insertion des faisceaux pétiolaires, il n'existe ni trachées, ni spiro-annelés ; et quand un tronçon de faisceau commun à deux mailles correspond d'un côté à la base d'une des mailles, et de l'autre côté à la partie supérieure de l'autre

(1) J'ai toujours trouvé l'insertion des racines adventives de cette plante directement opposée à un groupe de ces petits vaisseaux spiraux et annelés, que ce groupe soit placé au côté d'un faisceau, ou qu'il occupe le milieu de la face dorsale d'un des gros faisceaux.

maille, il n'y a pas de vaisseaux spiraux et annelés sur ce dernier côté, tandis qu'il en existe sur l'autre, qui limite la base d'une maille.

Les *Asplenium Adiantum-nigrum*, *Serra*, *Belangeri*, *fœniculaceum* (*Cœnopteris*), *Scolopendrium officinale*, *Ceterach officinarum*, ont aussi deux faisceaux pétiolaires émanant de chaque maille; mais, au lieu de s'unir en gouttière, comme dans les plantes précédentes, ces deux faisceaux s'assemblent par la partie moyenne de leur face interne, qui est convexe, de manière à simuler un H (1), au moins au bas de l'union (*Asplenium Serra*, *Laserpitiifolium*, *Belangeri*), ou un X plus ou moins imparfait, comme celui déjà vu par M. Lestiboudois dans la Scolopendre (mode d'union déjà mentionné par Link en 1835, *l. c.*, p. 85 à 86). On a donc alors une figure à quatre branches, toutes pourvues de vaisseaux spiraux et annelés vers leurs extrémités, ainsi que je l'ai annoncé à la page 350 du tome X. Je me bornerai ici à dire qu'aux branches dorsales de l'*Asplenium Serra* le crochet est aussi beau que dans l'*Asplenium Laserpitiifolium*, décrit par moi antérieurement, et que, dans les autres espèces citées, il n'y a qu'une courbe plus faible, et dans quelques cas presque nulle. J'ajouterai aussi que le T, auquel l'X donne lieu plus haut en se dégradant dans le rachis, s'efface peu à peu comme d'habitude, et que j'ai remarqué plusieurs fois que le groupe trachéen ou spiro-annelé qui termine l'extrémité dorsale de la tige de ce T, persistait encore après que les gros vaisseaux rayés qui constituent la partie principale de cette tige du T ont disparu. Cela se présente parfois de telle façon que ce petit groupe spiro-annelé reste isolé, et loin en arrière des deux branches supérieures du T persistantes, du tissu cellulaire ayant pris la place des vaisseaux rayés intermédiaires qui sont effacés, comme dans la figure suivante  (*Asplenium Serra*, *Belangeri*, etc.).

Je ferai observer, à cette occasion, que dans les faisceaux qui

(1) Cet H ne ressemble pas du tout à celui des pétioles de la plante fossile qui a été figurée par Cotta dans son *Die Dendrolithen*, et qui a été retrouvé plus tard par Corda, et dernièrement par M. B. Renault (*Comptes rendus*, t. LXX, p. 120)

possèdent ainsi à leurs extrémités latérales, soit des vaisseaux spiraux et annelés, soit simplement de très-petits vaisseaux rayés, comme ceux qui existent aux côtés des faisceaux de la tige des *Polypodium aureum* et *Phymatodes*, etc., ce sont ces petits vaisseaux qui sont achevés les premiers, ainsi que cela arrive pour les petits vaisseaux externes des faisceaux primaires ou centripètes des racines, et, en général, pour les vaisseaux trachéens de la face interne des faisceaux de toutes les plantes qui en sont pourvues en cet endroit (1).

Dans l'*Asplenium Serra*, les faisceaux pétiolaires sont insérés sur ceux de la tige vers la moitié de la hauteur des mailles ; ils le sont vers le tiers dans les *Asplenium Adiantum-nigrum*, *Belangeri*, *striatum*, la Scolopendre, etc. Dans la Cétérach, ces deux faisceaux sont attachés tout au bas des mailles, et sont à peu près contigus entre eux et avec le faisceau radiculaire placé derrière. Si l'on supposait ces deux faisceaux pétiolaires fusionnés en un seul, on aurait la représentation de celui qui part du fond de la maille de l'*Athyrium Filix-femina*. De plus, comme cet *Athyrium* possède un faisceau radiculaire inséré derrière la base de ce faisceau foliaire, il y a là un trait d'union de plus entre cette plante et les *Asplenium* que je viens de nommer ; car les racines qui sortent de la base de leur pétiole naissent d'un faisceau cylindroïde ou elliptique (*Asplenium Adiantum-nigrum*, *Belangeri*, *striatum*), ou en gouttière (*Asplenium caudatum*, *Serra*), parti du bas de la maille. Dans l'*Asplenium Serra*, la gouttière se change, à 3 millimètres au-dessus de son insertion, en un tube cylindrique, du sommet duquel émanent une vingtaine de racines (2).

L'*Asplenium fœniculaceum* présente une modification à cette

(1) M. Mohl, qui ne croyait pas à l'existence des vaisseaux spiraux dans les Fougères, a signalé le petit diamètre des vaisseaux latéraux dans les faisceaux de quelques espèces (*Icon. pl. crypt. Brasil. Mart.*, p. 52).

(2) J'ai vu l'extrémité de ce tube radicigène s'allonger en un rameau portant des feuilles. — Des bourgeons adventifs ont souvent été décrits dans les Fougères par divers botanistes, parmi lesquels je citerai MM. Kunze, Hofmeister, etc. ; mais leur insertion vasculaire a surtout été étudiée par MM. Karsten, Stenzel et Mettenius. Ces observateurs ont distingué les bourgeons qui reçoivent de la plante mère un, deux ou

insertion des racines. Le faisceau radiculaire n'est pas toujours attaché au fond de la maille. Il l'est assez souvent un peu plus haut sur l'un des faisceaux de la tige. Dans ce cas, l'un des faisceaux pétiolaires repose à la même hauteur que la racine sur l'autre côté de la maille, tandis que le second faisceau pétiolaire est inséré de l'autre côté, à quelque distance au-dessus du faisceau radiculaire. Il y a donc ici défaut de symétrie; mais dans quelques mailles *fort rares*, la symétrie est rétablie, en ce sens qu'il y a deux paires d'organes insérés l'une au-dessus de l'autre ; toutefois les faisceaux pétiolaires et les radiculaires sont disposés inversement sur les deux bords de la maille. On a, d'un côté, un faisceau radiculaire en bas et un faisceau pétiolaire en haut, et de l'autre côté un faisceau pétiolaire en bas et un faisceau radiculaire en haut.

L'*Asplenium Lasiopteris* manifeste une autre déviation. Il y a bien un faisceau radiculaire à un et demi ou 2 millimètres au-dessous de chaque maille, mais il y en a ailleurs. Il en existe souvent un à quelque distance au-dessous de l'insertion de chaque faisceau foliaire. Un autre est quelquefois derrière cette insertion même, ou un peu plus haut. Seulement rarement une racine est placée au-dessus du sommet même des mailles. De cette façon les faisceaux radiculaires de cette plante paraissent épars le long de la face externe des faisceaux du rhizome, ce qui lui communique de la ressemblance avec celui des *Aspidium violascens*, *uliginosum*, *Serra*, *patens*, etc., dont les racines sont dispersées aussi ou en séries sur les côtés de ces faisceaux. L'insertion des racines de l'*Asplenium Lasiopteris* ressemble particulièrement à celle des mêmes organes dans l'*Aspidium Cunnin-*

plusieurs faisceaux, ceux dont la moelle communique avec celle de la tige qui les porte, et ceux dont la moelle n'a pas une telle connexion. Parmi leurs observations, celle qui paraît se rapprocher le plus du fait sur lequel j'appelle l'attention, est de M. Stenzel. Je ne la connais que par ce qu'en a dit M. Mettenius dans son mémoire sur l'*Angiopteris* (*l. c.*, p. 549). Dans le *Diplazium giganteum*, y est-il dit, un processus du bord (*Ausstülpung*) du tube des faisceaux vasculaires de l'axe principal entre dans le bourgeon, de manière que la moelle de celui-ci communique avec celle de la tige. Mais il n'est pas exprimé si ce processus porte ordinairement les racines, comme celui que je viens de mentionner dans l'*Asplenium Serra*, et qui, dans cette dernière plante, avait produit en même temps le bourgeon par son extrémité.

ghami, qui a une racine au-dessous des mailles, une au-dessus, et quelquefois une derrière les faisceaux pétiolaires. Au reste, ce n'est pas là le seul trait d'analogie. Comme dans les *Aspidium* cités, les deux faisceaux pétiolaires s'unissent en gouttière, ce que j'ai déjà indiqué à la page 348 du tome X pour l'*Asplenium* (*Diplazium*) *striatum ;* tandis que d'autres espèces ont les faisceaux réunis en X, comme on l'a vu plus haut. Ces dispositions des faisceaux pétiolaires en U et en X constituent donc deux types dans les *Asplenium* étudiés ici (1).

Dans ces plantes, je n'ai trouvé de vaisseaux spiraux sur les faisceaux de la tige que dans l'*Asplenium Lasiopteris*, où ils occupent la position indiquée ci-dessus, et dans l'*Asplenium* (*Diplazium*) *proliferum* (2), qui s'ajoute au type en U, avec une modification toutefois. En effet, cette dernière espèce diffère de ses congénères citées en ce qu'elle émet de chaque maille du réseau vasculaire non deux faisceaux, mais quatre : deux grêles et deux larges. Les deux grêles sont insérés vers la base de la maille ; les deux larges immédiatement au-dessus de ces derniers, et leur bord supérieur libre atteint environ les trois quarts de la hauteur de ces mailles, qui sont assez courtes.

Les faisceaux grêles ou dorsaux ont les vaisseaux spiraux sur leur face interne ; les deux faisceaux supérieurs les ont dans un

(1) On trouve là une raison de plus contre l'acceptation du genre *Diplazium*. A peine doit-il être conservé comme sous-genre, car on observe des sores accolés dos à dos dans les deux types de structure caractérisés par l'X ou par l'U vasculaire. Les *Asplenium fœniculaceum* et *Belangeri* (du type X) en offrent assez souvent dans le lobe inférieur du côté de l'aisselle de quelques segments de la feuille ; dans l'*Asplenium* (*Diplazium*) *striatum* (du type U) les sores binaires sont fréquemment les moins nombreux, et l'*Asplenium Lasiopteris* (du type U aussi) n'offrait que des sores simples dans la plante que j'ai eue à ma disposition. Dans ce genre comme ailleurs, les cellules épaissies en noir ne peuvent servir à caractériser que les espèces.

(2) Dans l'*Asplenium Serra*, le côté dorsal des faisceaux pétiolaires, terminé par un beau crochet, se prolonge sur les faisceaux de la tige, sous la forme d'une lame décurrente qui diminue graduellement de largeur, jusqu'à la base des mailles. Une circonstance fortuite m'ayant privé de la seule tige que je possédasse, m'a empêché d'y rechercher les vaisseaux spiraux et annelés, qui pourraient bien s'y rencontrer, ainsi que dans l'*Asplenium Laserpitiifolium*, dont le crochet est non moins beau, et dont je n'ai pu examiner de rhizome. Il n'existe ni vaisseaux spiraux, ni vaisseaux annelés dans les faisceaux de la tige de la Scolopendre et de la Cétérach.

crochet à leur côté dorsal. Le crochet manque à l'autre côté, mais seulement vers la base du pétiole. Là, tout près du bord supérieur, il y a un tout petit enfoncement, souvent même tout à fait clos, qui contient quelques vaisseaux spiraux ; mais à quelque distance de ce bord, dans un léger coude, est une fort belle anse presque fermée, qui enserre des vaisseaux spiraux plus nombreux. Plus haut dans le pétiole, ce coude s'infléchit de plus en plus, et finit par former un crochet très-profond, qui recouvre quatre ou cinq groupes trachéens.

Les quatre faisceaux que le pétiole possède à sa base ne restent pas libres dans toute la longueur de celui-ci. A 1 ou 2 centimètres de leur insertion sur ceux de la tige, les faisceaux dorsaux s'unissent chacun au côté du supérieur voisin, et vers le milieu du pétiole les deux faisceaux qui en résultent, s'accolent par leur côté dorsal, et forment une gouttière profonde, dans laquelle les groupes trachéens conservent leur position respective, jusqu'à ce que les groupes dorsaux disparaissent successivement par l'affaiblissement de bas en haut de ce système vasculaire, selon le mode ordinaire à ce type ; c'est-à-dire que, quand il y a comme ici quatre groupes trachéens au fond de la gouttière : deux vers la région moyenne et un de chaque côté de ce fond, c'est un des moyens qui disparaît d'abord, puis l'autre moyen devient tout à fait médian, et s'efface plus haut à son tour. Les deux latéraux s'approchent alors de la ligne médiane de la gouttière, et disparaissent de la même manière, à mesure que la gouttière décroît.

En suivant par en bas les groupes des vaisseaux spiraux, on les voit passer de la base des faisceaux pétiolaires dans les faisceaux de la tige. Là ils occupent une position remarquable. Les faisceaux de la tige sont composés, en cet endroit, de deux couches de vaisseaux rayés qui ont des directions différentes. Les vaisseaux de la couche externe ont la direction du faisceau de la tige ; ceux de la couche interne ont la direction des vaisseaux rayés qui se prolongent dans les faisceaux du pétiole, de sorte qu'il y a un entrecroisement des éléments vasculaires des deux couches. A cause de cela, celles-ci peuvent être aisément

séparées par le scalpel. C'est à la limite de ces deux couches que se trouvent les vaisseaux spiraux qui prolongent les groupes trachéens du pétiole; mais ces vaisseaux spiraux sont plus gros que ceux de cet organe, et il n'y a pas de vaisseaux annelés entre les deux couches de vaisseaux rayés.

Bien que le rhizome des *Gymnogramme chrysophylla* et *Calomelanos* soit privé de vaisseaux spiraux, la disposition de leur système vasculaire accuse plus d'une analogie avec celle qui existe dans la plante précédente. Dans la tige de l'*Asplenium proliferum*, les faisceaux sont larges et plats, et laissent entre eux des mailles assez courtes, dont les faisceaux pétiolaires occupent à peu près les trois quarts de la hauteur. Dans les *Gymnogramme* qui viennent d'être nommés, le système vasculaire forme une couche ou sorte de gaîne épaisse, pourvue de petites ouvertures, au bord desquelles sont insérés les faisceaux pétiolaires (1).

Dans le *Gymnogramme chrysophylla*, il y a un faisceau lamellaire de chaque côté de l'ouverture, et il occupe la moitié ou les trois quarts de la hauteur de celle-ci, et quelquefois les deux faisceaux sont unis par leur base dorsale. Dans le *Gymnogramme Calomelanos*, il y a aussi deux faisceaux pétiolaires, mais ils revêtent entièrement les deux côtés de l'ouverture (au moins dans une forte tige que j'ai sous les yeux). Ils sont ordinairement unis par leur base dorsale, et beaucoup plus rarement par leur base aussi du côté supérieur. Un peu au-dessus, mais tout près de cette base, les deux faisceaux sont séparés, et bientôt chacun d'eux émet un petit faisceau par son côté dorsal. Il y a alors quatre faisceaux à la partie inférieure du pétiole, comme dans l'*Asplenium proliferum* (à l'insertion près). Les deux faisceaux larges ou supérieurs ont de chaque côté un crochet avec vaisseaux spiraux et annelés. Les deux étroits ont les mêmes vaisseaux sur leur face interne. Ces quatre faisceaux s'assemblent plus haut aussi comme dans cette dernière plante, et comme je

(1) Les plantes à système vasculaire de la tige en zone circulaire continue ne paraissent pas très-rares dans les Fougères. Les *Cheilanthes mycrophylla*, *Pteris falcata*, etc., dont voici les planches, en donnent des exemples.

l'ai dit à la page 347 du tome X. Chaque petit dorsal s'unissant au supérieur voisin, et les deux faisceaux doubles ainsi produits s'alliant ensuite par leur côté postérieur, la gouttière vasculaire ordinaire est constituée.

Je terminerai cette communication en signalant l'insertion des racines de ces plantes, et une particularité qui me fut offerte par la tige du *Gymnogramme chrysophylla.*

Cette particularité consiste dans l'existence de noyaux vasculaires elliptiques ou allongés, tout à fait libres au milieu de la moelle. Ces noyaux, qui ont la même structure que la gaîne vasculaire qui vient d'être signalée, ne m'ont laissé voir aucune communication avec elle. L'un des plus petits noyaux avait 1 millimètre sur $0^{mm},75$; les moyens 2 millimètres sur 1 millimètre; le plus long, qui semblait composé de trois, à cause de deux étranglements qu'il présentait, avait 12 millimètres de longueur, et il était incomplet, ayant été coupé transversalement.

L'analogie de structure que j'ai indiquée avec l'*Asplenium proliferum* se poursuit encore dans l'insertion des racines. Dans l'un et l'autre cas, plusieurs de ces organes partent de la base des feuilles. Cependant il y a une légère différence : dans l'*Asplenium* en question, quatre ou cinq faisceaux radiculaires, qui produisent un plus grand nombre de racines, émanent ordinairement du fond même de chaque maille, tandis que dans les *Gymnogramme* un groupe de quinze à vingt racines (de cinq ou six dans les jeunes tiges) sortent de la surface externe un peu renflée de la gaîne vasculaire, derrière la base de chaque ouverture ou insertion de feuille.

IV

Dans ma communication précédente, j'ai décrit des Fougères ayant deux faisceaux pétiolaires se réunissant en U ou en X, qui s'atténuent et se modifient dans les parties supérieures du rachis. Aujourd'hui je vais m'occuper d'espèces qui offrent des faisceaux pétiolaires répartis sur un segment de circonférence, et dont ceux qui terminent l'arc, ouvert au côté supé-

rieur du pétiole, sont de beaucoup les plus forts, et s'accolent, à une hauteur très-variable, par leur côté interne renflé, pendant que les dorsaux, anastomosés de distance en distance entre eux et avec les deux principaux, disparaissent successivement de bas en haut.

Dans la plupart de ces plantes, les deux faisceaux supérieurs seuls sont pourvus d'un crochet unique presque toujours, qui est placé sur le côté antérieur de ces faisceaux, et qui s'ouvre vers la face interne de ceux-ci; mais il est d'autres Fougères dont ces faisceaux supérieurs sont tout à fait privés de crochet. Dans le premier cas, les vaisseaux trachéens et annelés sont placés sous le crochet des faisceaux supérieurs (*Aspidium falcatum*, *villosum*, *coriaceum*, *Filix-mas*, *cristatum* Sw., *quinquangulare*, *denticulatum*, *Lonchitis*, *Goldianum ; Blechnum occidentale*, *brasiliense*, etc.). Dans le second cas, c'est-à-dire quand les faisceaux supérieurs sont dépourvus de crochet, les trachées et les vaisseaux annelés sont situés à la surface du côté antérieur, composé de vaisseaux plus petits que les autres, et incliné vers le côté correspondant du pétiole. A ce type appartiennent les *Nephrolepis*, que j'ai déjà décrits à la page 351 du tome X, et les *Polypodium vulgare*, *aureum* et *Phymatodes*.

Quelques plantes de ces deux types offrent en outre des vaisseaux spiraux et annelés sur l'extrémité interne du côté dorsal de leurs faisceaux supérieurs. Ce sont les *Nephrolepis*, les *Blechnum brasiliense*, *occidentale* (déjà cités le 21 juin 1869, à la page 347 du tome X), et l'*Aspidium Goldianum*, dans lequel ils sont aisément aperçus par des coupes longitudinales.

Tous les faisceaux pétiolaires dorsaux de ces plantes contiennent aussi des vaisseaux trachéens et des vaisseaux annelés, mais ils sont sur la face interne. J'ai déjà dit que, dans le gros dorsal du *Nephrolepis platyotis*, ils sont rejetés avec les plus petits vaisseaux rayés sur les côtés, où ils occupent toutefois la face interne du groupe des plus petits vaisseaux. Le même fait est plus favorablement exposé encore dans les pétioles du *Polypodium aureum ;* car, dans les plus puissantes de ses feuilles, tous les fais-

ceaux dorsaux indistinctement avaient leurs vaisseaux spiraux et annelés dans cette position latérale.

Le nombre des faisceaux pétiolaires varie non-seulement d'une espèce à une autre, mais aussi dans différents pétioles d'une seule espèce, et même d'un individu donné, suivant la dimension des feuilles. Il y en avait trois dans le *Nephrolepis exaltata*, cinq à sept dans le *N. platyotis ;* trois, quatre ou cinq dans l'*Aspidium falcatum*, quatre dans l'*A. denticulatum ;* deux trois, quatre ou cinq dans le *Polypodium vulgare*, trois à six dans le *Phymatodes*, cinq dans l'*Aspidium quinquangulare*, cinq à sept dans l'*A. cristatum* Sw.; trois, cinq, sept ou neuf dans l'*A. Filix-mas*, huit ou neuf dans l'*A. Goldianum*, jusqu'à quinze dans le *Polypodium aureum*, de sept à dix-sept dans le *Blechnum brasiliense* (1).

Mais tous ces faisceaux du pétiole ne naissent pas directement des faisceaux de la tige. Quelques-uns ne sont parfois que des ramifications de ceux qui en sont sortis. En voici quelques exemples :

Dans le *Blechnum occidentale*, deux faisceaux émanent de chaque maille, un de chaque côté, vers le tiers de la hauteur de celle-ci ; mais un peu plus haut, dans le tissu même de la tige, chacun d'eux produit une petite branche, et un peu plus haut encore ces deux branches s'unissent pour former le faisceau dorsal du pétiole, qui a trois faisceaux.

Dans l'*Aspidium Lonchitis*, il y avait d'ordinaire quatre faisceaux : deux principaux ou supérieurs et deux dorsaux. Ces faisceaux ont une insertion variable. Il part du tiers environ de la hauteur des mailles un faisceau pétiolaire de chaque côté. Ces faisceaux émettant chacun une petite branche dorsale, il y a alors quatre faisceaux dans le pétiole. Parfois un seul des deux faisceaux pétiolaires nés de la maille se bifurque, et de la branche ainsi formée résultent les deux faisceaux dorsaux par

(1) Link (1835, *l. c.*) représente, fig. 5, et décrit, p. 85, les faisceaux pétiolaires du *Blechnum brasiliense* comme disposés en plusieurs cercles et séries. Je les ai toujours vus rangés suivant une seule courbe, quels que soient leur nombre et le diamètre des pétioles examinés.

une bifurcation nouvelle. Dans d'autres feuilles, comme dans le dernier cas, un seul des deux faisceaux pétiolaires primitifs se bifurque d'abord ; un peu plus haut, la branche qu'il produit va se placer vers la région moyenne dorsale que doit occuper le troisième faisceau, quand il n'y en a que trois ; ailleurs elle est reliée à l'autre faisceau pétiolaire par un faisceau horizontal, après quoi cette branche dorsale revient s'opposer au faisceau pétiolaire qui lui a donné naissance ; enfin, le faisceau pétiolaire, qui ne s'était pas bifurqué à la même hauteur que l'autre, émet à son tour une branche dorsale qui se dispose symétriquement avec la première.

Dans le pétiole de l'*Aspidium falcatum*, il y a trois, quatre ou cinq faisceaux, mais trois seulement s'insèrent directement sur chaque maille du réseau de la tige : le faisceau pétiolaire dorsal repose sur le milieu de la base de cette maille ; les deux autres, qui sont les principaux ou supérieurs, s'insèrent sur les côtés de cette base ; le quatrième et le cinquième émanent du côté dorsal de ces deux supérieurs.

S'il arrive, comme dans les exemples précédents, que les faisceaux sont plus nombreux dans la base du pétiole qu'à leur insertion sur ceux de la tige, il arrive aussi que les faisceaux pétiolaires sont moins nombreux qu'à leur point de départ dans la tige. Les *Polypodium vulgare* et *Phymatodes* en donnent quelquefois des exemples. Dans ces espèces et dans le *Polypodium aureum*, les mailles dont naissent les divers faisceaux pétiolaires sont assez mal définies par en bas, surtout dans les *Polypodium aureum* et *vulgare*, parce que les mailles formées par les faisceaux qui émanent de ceux de la tige sont égales à celles de la face supérieure du réseau vasculaire de cette tige. Je dis « de la face supérieure », parce que, dans le *Polypodium vulgare* au moins, les mailles de la face inférieure sont environ de longueur double de celles du côté opposé (1).

(1) Les *Polypodium vulgare*, *aureum* et *Phymatodes* appartiennent à la catégorie des Fougères dont toutes les mailles du réseau vasculaire ne portent pas de feuilles. Celles-ci ne naissent qu'à la face supérieure du rhizome. Dans le *Polypodium vulgare* en particulier, les feuilles sont alternes sur deux lignes vers les côtés de cette face

Dans une jeune tige de *Blechnum brasiliense*, dont les pétioles avaient ordinairement sept faisceaux, ceux-ci offraient à peu près l'insertion suivante. Les deux supérieurs étaient insérés un peu au-dessus de la moitié des mailles ; un peu plus bas, quelquefois confluent avec eux, était un plus petit faisceau ; plus bas encore il y avait, à une hauteur variable, d'un côté deux faisceaux accolés par leur base, et de l'autre côté un faisceau unique ; enfin un faisceau radiculaire, qui se bifurquait à quelque distance de son insertion, émanait du fond de chaque maille.

Les faisceaux pétiolaires, ai-je dit déjà, s'unissent entre eux dans l'intérieur du pétiole. Leur union est particulièrement remarquable à la surface des mailles de la tige du *Nephrolepis platyotis*, où les divers faisceaux, insérés depuis le fond des mailles jusqu'aux deux tiers ou aux trois quarts de la hauteur de celles-ci, forment, à la surface de ces dernières, d'autres mailles plus petites par leurs anastomoses, qui commencent souvent tout près de leur point d'insertion. De plus, les deux faisceaux supérieurs, reliés aux faisceaux dorsaux nés plus bas qu'eux, s'unissent l'un à l'autre sur un court espace par une très-puissante anastomose, qui s'étend à peu près jusqu'à la hauteur à laquelle le pétiole devient libre. Les anastomoses des faisceaux pétiolaires sont moins rapprochées dans l'intérieur de cet organe, dans lequel d'ailleurs et dans la nervure médiane, comme dans les autres Fougères citées ici, les faisceaux disparaissent successivement de bas en haut. Il est curieux de voir comment, dans ces plantes, les faisceaux semblent résister à la disparition, et cela est frappant surtout pour le dernier dorsal, qui fréquemment s'unit au supérieur, et s'en sépare plusieurs fois avant de se fusionner avec lui. J'en citerai, dans ma prochaine communication, un exemple intéressant à un autre point de vue.

supérieure. Les rameaux ne sont pas dans l'aisselle des feuilles ; ils sont rangés de chaque côté du rhizome, suivant une ligne ou série dans laquelle ils alternent avec les feuilles de la série voisine. Les racines adventives partent très-irrégulièrement des faisceaux de la face inférieure du réseau, tantôt du point de rencontre de deux faisceaux, tantôt d'un point quelconque de la face externe d'un faisceau indéterminé.

Aux exemples que j'ai déjà décrits antérieurement de l'union des deux faisceaux principaux vers le sommet du pétiole ou dans la nervure médiane, j'ajouterai les *Polypodium* déjà cités ici. Dans le *Polypodium aureum*, les deux faisceaux supérieurs s'unissent du tiers au quart de la longueur de la lame, et cela quand il y existe encore plusieurs faisceaux dorsaux, quelquefois sept. Ces deux faisceaux supérieurs, très-recourbés sur leur face externe, s'allient par leur face interne convexe, et donnent lieu à une sorte d'H surbaissé, dont les deux montants sont d'abord unis par une ligne vasculaire relativement longue qui, plus haut dans le rachis, se raccourcit en prenant de l'épaisseur, mais qui conserve longtemps ses branches dorsales, sans passer à un T bien conformé. Où les deux branches dorsales s'effacent, la tige du T apparaît, est épaisse et relativement courte.

La tige du T est mieux figurée dans la nervure médiane du *Phymatodes*, et là elle contient un groupe de vaisseaux spiraux et annelés près de son extrémité dorsale, au-dessus de l'adjonction du dernier dorsal à cette extrémité. Dans le *Polypodium vulgare*, où l'union des deux faisceaux supérieurs entre eux et avec le dorsal a lieu dès le tiers ou la moitié du pétiole, le T y présente, ainsi que dans la nervure médiane, des vaisseaux spiraux et annelés à l'extrémité dorsale. Dans de très-faibles feuilles, dont le pétiole n'offrait que deux faisceaux, l'un était plus étroit, et n'avait pas de vaisseaux spiraux et annelés à son côté dorsal ; l'autre était plus large, et il renfermait des vaisseaux spiraux et annelés sur ce côté dorsal. L'inégalité des deux faisceaux s'affaiblissait vers la base du pétiole. Après l'union latérale de ces deux faisceaux pétiolaires, union qui avait lieu vers le tiers inférieur de l'organe, le T qui en résultait continuait de renfermer des vaisseaux spiraux et annelés au côté dorsal non-seulement dans la partie supérieure du pétiole, mais aussi dans la nervure médiane.

Si maintenant nous cherchons les vaisseaux trachéens et les vaisseaux annelés dans les faisceaux de la tige, nous n'en trouvons pas dans celle des plantes suivantes : *Polypodium vulgare*,

aureum, *Phymatodes* (1), *Nephrolepis exaltata*, *platyotis*, *Aspidium Lonchitis*, *falcatum*, *coriaceum*, *denticulatum*, *Filix-mas*, *cristatum* Sw.; mais nous rencontrons de très-beaux vaisseaux spiraux dans la tige de l'*Aspidium quinquangulare*, dans celle du *Blechnum brasiliense*, et dans les très-jeunes rhizomes du *Blechnum occidentale*, dont je dirai plus loin l'origine. Dans le rhizome adulte de cette dernière espèce, je n'ai trouvé de vaisseaux annelés et de bien rares vaisseaux spiraux que tout auprès de l'insertion des faisceaux pétiolaires. Il n'y en avait pas trace dans la partie inférieure des mailles, ni, bien entendu, au-dessus des faisceaux pétiolaires.

Dans l'*Aspidium quinquangulare* et dans le *Blechnum brasiliense*, le groupe des vaisseaux spiraux, qui est unique sur chaque faisceau de la tige, y est placé latéralement, aux modifications près que je vais signaler, comme dans les espèces décrites dans ma précédente communication. Il n'en existe pas sur le côté des faisceaux de la tige au-dessus de l'insertion des faisceaux pétiolaires attachés le plus haut sur les côtés des mailles.

Des cinq faisceaux pétiolaires de l'*Aspidium quinquangulare*, le dorsal est fixé tout près de la base de chaque maille sur le côté d'un des faisceaux qui la constituent ; deux autres sont attachés à quelque distance au-dessus, ou bien l'un d'eux sort du côté dorsal de l'un des deux supérieurs qui sont insérés vers la moitié des mailles. Chacun de ces deux derniers est muni d'un crochet

(1) J'ai dit, le 1er mars 1869 (*Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 521) que j'ai *quelquefois* trouvé de vrais vaisseaux spiraux sur les côtés des faisceaux de la tige du *Phymatodes vulgaris*. Ce cas est fort rare, et ces vaisseaux étaient de petits vaisseaux avec fine membrane, à spiricule étirée ou à tours de spire plus rapprochés. Dans cette plante et dans le *Polypodium aureum*, les faisceaux de la tige ont leurs plus petits vaisseaux sur les côtés qui regardent les faisceaux voisins, ainsi que M. Mohl l'a annoncé. En exprimant ce fait à la page 355 du tome X, j'ajoutais qu'assez souvent, dans le rhizome du *Polypodium aureum*, il y a quelques autres petits vaisseaux rayés ou ponctués sur la face externe du groupe des gros vaisseaux. Il en est de même et plus fréquemment encore dans le *Polypodium vulgare*. Cette dernière disposition des petits vaisseaux pourrait être regardée comme effectuant le passage à la constitution présentée par les faisceaux de la tige de bon nombre de Fougères, dans lesquels le diamètre des vaisseaux va manifestement en diminuant du milieu de la face interne vers les côtés et vers la face externe

qui revêt de beaux vaisseaux trachéens, tandis que les trois dorsaux ont ces vaisseaux sur la face interne.

Si l'on suit par en bas le groupe des vaisseaux spiraux dans l'intérieur du rhizome, on sera aidé dans la direction à donner aux coupes longitudinales par un cordon de cellules noires (1) qui avoisine ces vaisseaux sur la face interne des faisceaux. On arrivera ainsi jusqu'au fond des mailles, où les deux faisceaux qui limitent celles-ci se rencontrent d'abord par le côté, après que l'un d'eux a reçu le petit faisceau pétiolaire dorsal médian, qui, ai-je dit, est inséré près de la base de la maille. Ce dorsal, étant plus mince que les deux autres faisceaux, occupe après leur réunion le fond d'une anse dans laquelle s'assemblent les vaisseaux spiraux. Cette anse est recouverte du côté interne par un groupe de cellules noires résultant de la fusion des trois cordons qui accompagnaient les faisceaux basilaires sur leur face interne. Un peu plus bas, les deux gros faisceaux qui bordent l'anse sur les côtés, continuant de se rapprocher, ferment l'ouverture de celle-ci, de sorte que les vaisseaux spiraux qu'elle contient sont enclavés vers la face externe du gros faisceau auquel donne lieu cette fusion. Les vaisseaux spiraux se prolongent encore un peu plus bas, mais bientôt prennent fin. Leur terminaison arrive un peu au-dessous du point où cesse la corde de cellules noires située sur la face interne du gros faisceau qui clôt le bas de chaque maille.

Dans le *Blechnum brasiliense,* l'état des choses est à peu près le même. Cependant il y a une modification qui consiste en ce que le groupe des vaisseaux spiraux et annelés est placé non sur le bord de la face interne des faisceaux de la tige, mais dans un léger enfoncement sur le côté de ces épais faisceaux, et cela de telle façon qu'il est un peu plus rapproché de la face externe que de la face interne de chaque faisceau. C'est de ce groupe spiro-annelé que partent les petits vaisseaux de même nature qui parcourent les faisceaux pétiolaires.

(1) Je n'ai guère parlé jusqu'ici des cellules noires que présentent beaucoup des Fougères dont je me suis occupé, parce que leur description m'eût gêné dans l'exposition de mon sujet ; mais j'y reviendrai dans un chapitre particulier.

Vers le bas de la maille, avant la fusion des deux faisceaux qui la délimitent, l'anse ou enfoncement se creuse dans chacun d'eux, et se ferme peu à peu sur les vaisseaux spiraux. Mais ici les deux groupes de ces vaisseaux spiraux ne s'assemblent pas comme dans le cas précédent. Chacun s'enferme de son côté, et se prolonge à part dans la région moyenne du gros faisceau de vaisseaux scalariformes de la base des mailles. Là les vaisseaux spiraux ne sont plus accompagnés de vaisseaux annelés, et plus bas, près de leur terminaison, ils semblent présenter (et aussi ceux de l'*Asplenium proliferum*) un passage graduel aux vaisseaux rayés.

Un faisceau radiculaire qui se ramifie en deux, trois ou quatre racines à la base du pétiole, émane du fond de chaque maille, comme dans le *Blechnum occidentale*.

RAMIFICATION ET PROPAGULES DE QUELQUES RHIZOMES.

En terminant cette communication, je signalerai quelques modes de propagation des tiges ou rhizomes de plusieurs Fougères. Cette propagation s'effectue, ou par des rameaux vrais, ou par des organes d'origine radiculaire ou à insertion radiculaire (1). Je vais citer quelques exemples de chacun de ces cas :

1° Dans le *Pteris aquilina*, dont le rhizome a des faisceaux centraux et des faisceaux périphériques, les faisceaux du centre et ceux de la périphérie concourent à la production du rameau. Cela est bien connu (Lestiboudois, Hofmeister, etc.).

2° Dans l'*Aspidium Thelypteris*, qui paraît avoir normalement quatre faisceaux, et qui en a çà et là six, cinq ou trois, j'ai observé la ramification de tiges qui avaient quatre, cinq ou six faisceaux de grosseur très-inégale. Ne pouvant figurer ici leur dimension, je la représente, ainsi que la disposition relative approximative des faisceaux, par des lettres de grandeur différente.

(1) Jusqu'à ce jour, la ramification de la tige des Fougères avait été attribuée à la bifurcation de la tige si fréquente dans quelques-unes de nos espèces communes, ou à la production de bourgeons adventifs, comme je l'ai dit plus haut à la page 228 ; mais il n'avait pas été remarqué que, dans certaines plantes de cette famille, c'est de vraies racines que naissent les bourgeons, et ailleurs de faisceaux qui ordinairement ne produisent que les racines. (*Note de l'auteur.*)

Dans une tige qui avait quatre faisceaux $D\overset{A}{\underset{C}{}}B$, A et C se sont élargis, puis B s'est uni à A, ce qui donna $D\overset{A\;B}{\underset{C}{}}$; ensuite AB et C se sont divisés en A′, A″B et C′, C″. $D\overset{A'}{\underset{C'}{}}$ s'en allèrent dans une branche de rhizome, et $\overset{A''B}{\underset{C''}{}}$ dans l'autre branche ; A″, d'abord uni à B, s'en séparait un peu plus haut, et l'on avait alors trois faisceaux dans chaque branche du rhizome.

Un autre tronçon de tige avait cinq faisceaux très-inégaux aussi, disposés comme ci-contre. $\overset{A\;B}{\underset{E\;D\;C}{}}$; B et D se sont élargis, puis divisés. On eut alors dans une branche $\overset{A\;B'}{\underset{E\;D'}{}}$, et dans l'autre branche $\overset{B''}{\underset{D''\;C}{}}$.

Dans une troisième portion de rhizome, qui avait six faisceaux $E\,F\overset{A}{\underset{D\;C}{}}B$ ainsi ordonnés au-dessous de la ramification, A et C, très-larges, se sont partagés ; $E\,F\overset{A'}{\underset{D\;C'}{}}$ s'en allè une branche du rhizome, et $\overset{A''B}{\underset{C''}{}}$ dans l'autre branche.

J'ai négligé ici les faisceaux qui vont aux feuilles, pour simplifier la description.

3° Dans les *Polypodium vulgare*, *aureum* et *Phymatodes*, les rameaux reçoivent plusieurs faisceaux de la tige, à peu près comme les pétioles, c'est-à-dire du pourtour d'une sorte de maille mal définie par en bas.

4° L'*Aspidium coriaceum* présente une ramification aussi curieuse que sa structure. Le rhizome n'a que deux faisceaux accompagnés de cellules noires sur leur pourtour. L'un de ces faisceaux est à la face inférieure ; il est très-large et sous la forme d'une lame épaisse. C'est de lui que naissent la plupart des racines adventives. L'autre faisceau, beaucoup moins fort et cylindroïde ou aplati, est à la face supérieure. Ces deux faisceaux sont çà et là unis, de chaque côté, par des branches anasto-

mosantes qui limitent les mailles à leurs extrémités. Il y a, par conséquent, deux séries de mailles, une de chaque côté. Les feuilles naissant sur ces mailles sont aussi distiques, et elles reçoivent leurs faisceaux de ceux qui constituent ces mailles. Ces faisceaux pétiolaires, insérés à des hauteurs diverses sur les côtés des mailles, s'anastomosent entre eux. Ce sont eux qui complètent, de chaque côté des deux faisceaux de la tige, l'ellipse des faisceaux vus sur les coupes transversales. Les rameaux se développent soit dans la partie jeune de la tige avant l'apparition des feuilles, soit un peu au-dessus des feuilles, au contact du faisceau d'anastomose ou transverse qui clôt la maille au-dessus de chaque feuille. Quand la feuille n'existe pas encore, extérieurement du moins, les faisceaux pétiolaires subsistant déjà, la jeune pousse occupe la même position sur les faisceaux indiqués. Je l'ai trouvée sur l'angle aigu que fait à la base d'une maille, avec le faisceau inférieur large du rhizome, le court faisceau transverse qui unit ce faisceau inférieur avec le supérieur. Le système vasculaire du jeune rameau repose, sous la forme d'un arc ou d'un demi-cercle, dans cet angle aigu, à la fois sur le faisceau transverse et sur le faisceau inférieur.

Sous ce dernier rapport, l'insertion des bourgeons, et sous celui de la constitution des mailles du système vasculaire de la tige, ma description diffère de celle de M. Mettenius (*l. c.*, p. 547), qui a aussi étudié cette plante. Suivant ce botaniste, les faisceaux transverses qui séparent les mailles superposées, sont formés chacun par deux faisceaux : l'un, plus long, part du faisceau inférieur de la tige ; l'autre, plus court, émane du faisceau supérieur. Ces deux faisceaux s'uniraient en formant un angle saillant en avant, du sommet duquel sortirait un faisceau foliaire (pl. VIII, fig. IX, 6 de l'auteur). Cette opinion sur la composition du faisceau transverse a sans doute été suggérée par l'existence de cet angle, que M. Mettenius regarde comme constant, et qu'il figure au sommet de chaque maille. Mais je n'ai trouvé qu'une seule fois cet angle surmonté du faisceau foliaire signalé, et bien rarement un tel faisceau émanait du

milieu du transverse non courbé. Le plus souvent ce faisceau transverse est droit, évidemment simple, et n'autorise nullement l'avis du savant allemand. Quelquefois aussi le faisceau transverse est nul; le faisceau supérieur et l'inférieur se rapprochent, s'anastomosent directement, et le bourgeon est assis sur l'angle aigu ainsi produit à la base de la maille. M. Mettenius admet en outre que le faisceau cannelé du bourgeon, ou pousse latérale, naît du milieu de la branche la plus longue du faisceau transverse (voyez sa fig. IX, 6, pl. VIII, en *g*), et ne dit pas que ce faisceau s'appuie aussi sur le faisceau inférieur de la tige. Il est vrai seulement que le faisceau du rameau ou pousse latérale repose fréquemment par une plus large base sur le faisceau transverse, mais jamais exclusivement sur lui, au moins dans les organes de structure normale. Ce faisceau en gouttière ou cannelé basilaire de la pousse latérale est aussi le plus souvent en communication vasculaire avec la feuille placée au-dessus de lui, par deux petits faisceaux, dont chacun forme un arc-boutant appuyé par une extrémité sur le côté correspondant de la gouttière, et par l'autre extrémité sur le faisceau foliaire inférieur du même côté inséré près de là. Quelquefois un seul de ces arcs-boutants existe; parfois aussi, mais seulement rarement, et c'est un de ces derniers cas que j'ai décrit, ce fascicule s'appuie sur le faisceau supérieur de la tige. Il arrive également qu'aucun de ces deux petits faisceaux arcs-boutants n'existe à la base de quelques rameaux rares. J'ai cru, et M. Mettenius l'avait dit avant moi, que le faisceau cannelé du bourgeon se ferme en tube sur une certaine longueur, et que plus haut les faisceaux qui en naissent prennent une disposition concordant avec celle qu'ils affectent dans la tige mère. Il y a une restriction à faire sur ce point: car les faisceaux de la première feuille sont insérés, au moins dans beaucoup de cas, sur les deux côtés du faisceau inférieur en gouttière, et très-fréquemment les faisceaux de la deuxième feuille ont la même insertion. Le faisceau supérieur du rameau ou pousse latérale n'apparaît souvent qu'entre la deuxième et la troisième feuille. Partant d'un côté du faisceau inférieur, il

s'avance entre les mailles correspondant à l'insertion de ces deux feuilles, et se prolonge entre elles et celle de la quatrième ; il se continue plus haut entre les deux séries de feuilles. Dans deux autres cas, le faisceau supérieur du rameau commençait au sommet même de la première maille. Alors les deux séries de feuilles, ou de mailles sur lesquelles ces feuilles s'insèrent, partaient de l'extrémité supérieure de cette première maille, qui était surmontée de chaque côté par un bourgeon appartenant à la base des deux mailles suivantes, point de départ des deux séries de feuilles. J'ai trouvé également un bourgeon sur la partie supérieure de la tubulure qui délimite par en bas la première maille. Toutefois cette tubulure du faisceau cannelé inférieur a une longueur variable : tantôt elle a quelques millimètres d'étendue, tantôt elle est beaucoup plus courte ; d'autres fois elle est nulle, ou réduite à un fascicule oblique transverse, auquel peuvent aboutir, par en bas l'un des petits arcs-boutants décrits, par en haut un ou deux des faisceaux de la feuille placée au-dessus. Les racines adventives sont généralement insérées sur le large faisceau inférieur, mais on en trouve aussi presque régulièrement une sur les deux faisceaux foliaires qui servent d'appui aux arcs-boutants que je viens de mentionner, et près de ce point d'appui.

5° A la page 352 du tome X, j'ai décrit les stolons radiciformes des *Nephrolepis*. Ces stolons sont de véritables racines, dont ils ont la structure et l'insertion sur la face externe des faisceaux de la tige. Quand ces racines, étendues à la surface du sol, produisent des bourgeons adventifs, elles envoient dans la terre des radicelles latérales, et elles ont alors l'aspect de tiges traçantes (1).

(1) M. G. Kunze (*Bot. Zeit.*, 1849, p. 882) dit que la souche des *Nephrolepis undulata*, *exaltata* et *tuberosa* pousse des *stolons* (*Auslaüfer, stolones*) couverts d'écailles, quelquefois longs d'une aune, dont l'extrémité se renfle en un tubercule terminé par un bourgeon, qui, après la mort du stolon, se développe en une plante nouvelle, quand les circonstances sont favorables. Par conséquent, ces stolons sont pour lui des tiges, qu'il désigne aussi par le mot *sarmenta*. M. Hofmeister paraît partager cette opinion, puisqu'il fait naître de *bourgeons adventifs* ceux des *Nephrolepis undulata* et *tuberosa* (*Abhand. d. math. phys. Cl. d. kön. Sächs. Gesells. d. Wiss.*, Leipzig, 1857,

6° J'ai dit dans ma dernière communication (page 228 de ce volume) que, dans l'*Asplenium Serra*, il sort de la base de chaque maille du rhizome un faisceau en gouttière, qui bientôt se ferme en tube portant ordinairement des racines à son extrémité, mais que cette extrémité peut se prolonger en rameau véritable portant des feuilles.

7° De la face externe des faisceaux de la tige de l'*Aspidium Goldianum* partent des faisceaux qui ont, près de leur insertion, tout à fait l'aspect et la disposition des faisceaux radiculaires des *Aspidium* que j'ai nommés dans ce travail, mais qui, vers la surface de la tige, se renflent et produisent un bourgeon au côté duquel peuvent être insérées des racines adventives.

t. III, p. 651). Tous les prétendus stolons que j'ai étudiés sur les *Nephrolepis platyotis*, *neglecta*, *exaltata*, avaient l'insertion, la structure et le volume des vraies racines de la plante mère. Le *Nephrolepis* indéterminé dont j'ai déjà parlé, porte de ces prétendus sarments de plus de 2 mètres de longueur, qu'au Muséum on fait monter sur les supports voisins. Ils produisent de nombreux bourgeons latéraux, dont le faisceau vasculaire basilaire a la même structure que la racine sur laquelle ils sont nés. Dans ces longues racines sarmentiformes, le corps vasculaire unique central offre plusieurs angles formés par des vaisseaux plus petits que les autres, parmi lesquels sont des trachées et des vaisseaux annelés; les rameaux latéraux qui en naissent sont courts (d'environ 2 centimètres) et garnis de plusieurs feuilles dont les plus élevées sur l'axe sont ordinairement les plus développées. Sur un tel bourgeon que j'ai sous les yeux, les feuilles inférieures ayant 20 centimètres de longueur, les supérieures en ont 50. Nous verrons tout à l'heure qu'une difference anatomique notable est présentée par le pétiole des inférieures et par celui des supérieures. L'axe qui soutient ces feuilles est à peu près cylindrique vers sa base, et son corps vasculaire a six angles de petits vaisseaux périphériques comme la racine mère. A quelques millimètres de son insertion, ce rameau produit une racine et se creuse en gouttière au-dessus de cette dernière. De la partie inférieure de cette cannelure part un petit faisceau vasculaire qui est le dorsal de la première feuille. Il naît un peu plus haut deux faisceaux plus forts. Ce sont les deux faisceaux supérieurs de la même feuille. Un peu plus haut encore la gouttière se ferme, et il s'en ouvre une deuxième sur un autre côté de l'axe vasculaire. A sa base est aussi une racine, et au-dessus de celle-ci le faisceau dorsal de la nouvelle feuille, dont les deux faisceaux supérieurs s'insèrent à quelque distance sur les bords de la gouttière. C'est sur une telle cannelure de l'axe, et non sur de vraies mailles, que j'ai trouvé insérées les feuilles inférieures, mais sous les feuilles supérieures l'axe vasculaire se fend en une sorte de boutonnières, sur lesquelles les faisceaux pétiolaires reposent. Il y a ordinairement une racine à la base, le faisceau dorsal au-dessus, et les deux supérieurs ou principaux un peu plus haut. Ces trois faisceaux pétiolaires, d'abord isolés, s'allient dans le pétiole; mais ils ne le font pas de la même manière dans toutes les feuilles. Dans les deux ou trois inférieures, qui étaient les plus faibles, les trois faisceaux s'unissaient en une gouttière dont le petit dorsal occupait le fond, et dont les bords étaient

8° Enfin, de la base de chaque maille du réseau vasculaire de la tige ou rhizome du *Blechnum occidentale* part normalement un faisceau radiculaire, qui se termine dans la partie inférieure du pétiole en deux ou trois racines. Il arrive fréquemment que ce faisceau, ordinairement radicigène, se renfle peu à peu après sa sortie de la base du pétiole, et devient un véritable rhizome, dont la description suit :

V

PROPAGULE DU BLECHNUM OCCIDENTALE.

Dans l'avant-dernière séance, j'ai dit que dans le rhizome du *Blechnum occidentale*, arrivé à son plus complet développement,

infléchis vers l'extérieur. En montant dans le pétiole, la gouttière se rétrécissait par le rapprochement des deux faisceaux latéraux, qui finissaient par constituer, après leur fusion, un appendice postérieur. Celui-ci, sur les coupes transversales, simulait la tige d'un T, dont les branches horizontales étaient dues au prolongement des bords de la gouttière recourbés en dehors. Dans les feuilles situées plus haut, les deux faisceaux supérieurs s'unissent seuls dans le principe en un T, à l'extrémité de la tige duquel le petit faisceau dorsal, d'abord isolé en arrière, s'ajoute ensuite. — Les bourgeons latéraux qui se développent sur les racines du *Nephrolepis platyotis* sont aussi portés par un court pédicelle sans feuilles, mais sur lui sont éparses des racines au nombre de sept à huit dans les rameaux que j'ai eus sous les yeux. Chacune de ces racines est opposée à un groupe de petits vaisseaux périphériques qui s'élargit près de cette insertion. L'axe qui les porte possède aussi à la base la constitution de la racine mère. Un peu plus haut, le centre du corps vasculaire devient purement cellulaire, et les cellules centrales, d'abord incolores comme les autres, prennent plus haut la couleur jaune brunâtre des cellules corticales ; puis, le cylindre vasculaire, s'ouvrant d'un côté en gouttière, produit une racine de chaque côté de la base de celle-ci, ou une seule sur l'un de ces côtés, et au-dessus de ces racines, dans les bourgeons que j'ai eus à ma disposition, deux petits faisceaux qui s'unissaient en un seul dorsal en montant vers le pétiole ; les deux faisceaux supérieurs de ce dernier étaient insérés plus haut que les précédents. Sur le côté opposé de l'axe du bourgeon, à une hauteur un peu différente, une deuxième insertion de feuille se disposait de la même manière. Le fond des deux gouttières se rencontrant, l'axe était dès lors ouvert en boutonnière ou maille qui se renouvelle au-dessous de chaque feuille. J'ai indiqué précédemment la structure et l'insertion des faisceaux pétiolaires de cette plante étudiés sur des individus plus âgés (voyez page 237 de ce volume, et page 351 du tome X).

Je crois devoir ajouter que M. Ad. Brongniart, dès 1839, sans parler toutefois de ces prétendus stolons, ni de leurs bourgeons adventifs, a donné deux figures de la coupe transversale de la racine de l'*Aspidium exaltatum* (*Nephrolepis exaltata*), dans laquelle il signale les petits vaisseaux qui forment les angles du faisceau vasculaire central (*Archives du Muséum*, t. I, p. 457, pl. 32, fig. 10 et 11).

il n'existe ni vaisseaux annelés, ni vaisseaux spiraux dans la partie inférieure et dans la partie supérieure des mailles du réseau vasculaire, et que l'on ne trouve quelques vaisseaux annelés et des traces de petits vaisseaux spiraux que tout près de l'insertion des faisceaux pétiolaires. Des vaisseaux spiraux et annelés étant observés dans toute la longueur des très-jeunes rhizomes qui sont produits par la modification de l'extrémité d'un faisceau ordinairement radicigène, inséré à la base de chaque maille du système vasculaire de la tige, je vais décrire succinctement la structure de ces propagules du rhizome.

Sur deux plantes contenues dans un petit pot d'environ 8 centimètres de diamètre, ce mode de propagation était renouvelé dix fois. Le faisceau par lequel chaque propagule s'insère sur la plante mère ne diffère en rien, par sa structure et par sa dimension, du faisceau qui donne ordinairement des racines à la même place. Il est réniforme à son point d'attache au bas de la maille, et, un peu au-dessus, ses plus petits vaisseaux sont à la périphérie, et principalement ou seulement aux deux extrémités du grand diamètre, qui est horizontal, absolument comme dans les faisceaux radicigènes de même origine. Quelquefois le groupe vasculaire est canaliculé sur sa face antérieure, et parfois il l'est aussi sur sa face inférieure, comme pour attester sa constitution binaire. Près de sa sortie de la tige ou plutôt de la base du pétiole, ce groupe vasculaire devient d'ordinaire cylindrique, plus rarement il reste un peu canaliculé au côté supérieur. Là, près de l'insertion extérieure, il forme, avec l'écorce qui l'enveloppe, un cylindre de 1 millimètre à $1^{mm},5$ de diamètre, qui grossit graduellement en s'allongeant. Le corps vasculaire central s'épaissit dans la même proportion; mais bientôt les vaisseaux disparaissent de son centre, où ils sont remplacés par des cellules plus étroites qu'eux et à parois minces. Les plus petits vaisseaux sont répartis à la circonférence, et les gros sont inégalement distribués autour de l'axe cellulaire nouvellement formé.

Autour de ce corps vasculaire, est une zone d'utricules étroites représentant le tissu dit du *système cribreux* et deux ou

trois rangées de cellules un peu plus larges à l'extérieur de celui-ci. Cette zone est recouverte d'une écorce dont les cellules internes sont brun-jaunâtre, à parois épaissies, et le parenchyme moyen à peu près incolore dans les jeunes organes, tandis qu'à la surface de cette écorce est une strate épaisse de quatre ou cinq cellules étroites et brun-jaunâtre comme les cellules internes. Dans les propagules plus âgés, toutes les cellules corticales de cette partie inférieure de l'organe peuvent avoir les parois noirâtres.

Dans la partie vasculaire tubuleuse, les vaisseaux, d'abord inégalement répartis, se disposent avec plus de régularité autour de la région centrale purement cellulaire, et un peu plus haut une scission s'effectue tantôt à la face supérieure de ce tube, tantôt à la face inférieure, tantôt au côté gauche ou au côté droit, vers l'un des points où sont placés les petits vaisseaux (1). Le corps vasculaire tubuleux s'ouvre donc longitudinalement d'un côté, simulant alors sur la section transversale une sorte de fer à cheval. Cette fente s'élargissant de bas en haut du propagule, le tissu brun périphérique y pénètre, et semble refouler sur les côtés les cellules étroites et incolores, qui constituent le tissu cribreux de la face interne du système vasculaire.

Les extrémités du fer à cheval, ou mieux les bords de la gouttière, d'abord obtus et d'épaisseur égale aux autres parties de la figure, s'atténuent un peu. Chacun de ces bords contient un petit groupe de vaisseaux spiraux et annelés (2). C'est la première indication des faisceaux foliaires.

(1) La partie vasculaire tubuleuse est de longueur variable. Tantôt elle peut avoir 1 centimètre d'étendue, tantôt elle n'a que 1 ou 2 millimètres. Elle est même quelquefois tout à fait nulle, quand le groupe vasculaire s'ouvre en gouttière sans avoir pris la forme tubuleuse. Dans un propagule dont le groupe vasculaire basilaire s'était ouvert en gouttière à sa face supérieure, après sa sortie de la tige, le fond de la tubulure que surmontait la gouttière, se rétrécissant par en bas, et se rapprochant graduellement du bord supérieur du corps vasculaire, finissait par s'y ouvrir. Cette ouverture, en donnant lieu à un canalicule qui existait en cet endroit sur un court espace, mettait en communication avec le tissu dit *cribreux* et superficiel du faisceau les cellules étroites qui occupaient la cavité de la tubulure.

(2) Les vaisseaux spiro-annelés sont pourvus d'une fine membrane quand le anneaux ou les tours de spire sont écartés, tandis que des vaisseaux à spiricules serrées, mais déroulables, ne laissent pas apercevoir de membrane.

Vers la même hauteur, sur le côté opposé du système vasculaire, il se manifeste au fond de la gouttière une éminence à laquelle correspond un peu plus haut l'insertion de la première racine adventive. Immédiatement au-dessus de l'insertion de ce faisceau radiculaire, le fond de la gouttière s'ouvre, et l'on a alors deux faisceaux à section transversale oblongue, convexe extérieurement, un peu concave sur la face interne. Chaque nouveau bord de ces faisceaux est pourvu aussi d'un groupe de vaisseaux spiraux et annelés. Là, près de leur séparation, au-dessus de l'insertion de la racine, les deux faisceaux sont rapprochés. Ils sont plus divergents sur l'autre côté, où la scission du tube a commencé. Sur ces deux bords plus anciens des faisceaux tigellaires, les deux premiers faisceaux foliaires s'accusent de plus en plus, et bientôt ils s'isolent de ceux de la tige.

Ces deux faisceaux foliaires grêles et cylindroïdes, qui ont, près de leur base, leurs vaisseaux spiraux et annelés sur leur côté dorsal, s'écartent de plus en plus de ceux dont ils émanent, tandis que, de l'autre côté des deux faisceaux de la tige, deux autres faisceaux foliaires se séparent de la même manière.

En même temps l'un des deux faisceaux de la tige tend à se diviser. A quelque distance au-dessous du point où il doit le faire, on peut remarquer déjà sur sa face externe un groupe de petits vaisseaux parmi lesquels sont des vaisseaux spiraux et annelés. Un nouveau faisceau radiculaire en émerge un peu plus haut, puis la bifurcation s'effectue. Cette nouvelle bifurcation constitue la troisième maille du jeune rhizome. Des bords de cette maille sort à une certaine hauteur une autre paire de faisceaux foliaires. Une quatrième maille survient bientôt par la division du second faisceau primaire. Avec elle apparaît un nouveau faisceau radiculaire, et une quatrième paire de faisceaux foliaires.

Des quatre faisceaux de la tige qui existent alors, les deux qui bordent la maille la plus ancienne se rapprochent, et en se fusionnant ils ferment cette maille à la partie supérieure. Un peu plus haut les deux autres faisceaux, qui limitent la deuxième maille apparue, ferment celle-ci de la même manière. On peut

n'avoir plus alors que deux faisceaux tigellaires, mais plus loin ils se divisent de nouveau pour produire des mailles nouvelles. Je n'ai point vu une telle division donner au rhizome plus de cinq faisceaux à la fois.

Voyons maintenant ce que deviennent les faisceaux foliaires qui ont été mentionnés. Toute cette partie inférieure du jeune rhizome ne porte pas de feuilles. Il n'existe à la surface de la tige que de petites protubérances quelquefois à peine sensibles dans le bas du rhizome, mais qui s'élèvent davantage, en se dirigeant en avant, à mesure qu'elles naissent plus haut sur la tige. C'est dans chacune de ces protubérances que va se terminer chaque paire de faisceaux foliaires. Les deux faisceaux de la même paire semblent s'y accoler à la façon des deux dorsaux du pétiole des feuilles adultes; ce qui paraît indiquer que, dans cette plante, ce sont les faisceaux supérieurs, quoique plus forts, qui naissent des dorsaux, et non ces derniers des supérieurs.

Vers l'époque à laquelle le rhizome possède ses cinq faisceaux tigellaires, les feuilles parfaites apparaissent. Toutes celles que j'ai observées possédaient les deux faisceaux principaux ou supérieurs et les deux dorsaux, qui, étant les plus faibles, semblent insérés sur le côté externe des premiers. Les deux dorsaux se réunissaient en un seul un peu au-dessus de la base du pétiole, comme dans la plante adulte.

De plus, la zone des cellules brunes qui entoure les faisceaux dans la partie inférieure du jeune rhizome dégénère dans les parties plus élevées en groupes de cellules noires placées sur les deux faces des faisceaux. De ces cordons noirs, contigus aux faisceaux de la tige, s'en détachent d'autres qui accompagnent les faisceaux du pétiole. Les deux faisceaux supérieurs en ont un plus gros sur la face interne, un plus petit sur la face externe. Les deux faisceaux dorsaux n'en ont qu'un seul chacun sur la face interne, et ils se réunissent pendant la fusion des deux groupes vasculaires.

Tels sont les principaux traits de l'organisation et du singulier mode de propagation des rhizomes du *Blechnum occidentale*.

VI

RAMIFICATION DES PÉTIOLES DANS QUELQUES FOUGÈRES.

J'ai signalé l'an dernier six modes de formation, ou, si l'on veut, d'insertion des rameaux du pétiole observés dans des Fougères (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 258 et 259, et *Ann.*, t. X, p. 364). Je donnerai aujourd'hui un aperçu des formes que peut affecter le système vasculaire dans les nervures ou dans les pétioles secondaires de quelques-uns de ces végétaux.

Il va de soi que la constitution du pétiole influe sur celle des ramifications de ce dernier ; cependant toutes les plantes d'un type donné ne se comportent pas identiquement de la même manière. Ainsi, dans les *Asplenium*, dont les pétioles ont offert deux modes d'agencement des faisceaux, un type en X et un type en U (voyez p. 230 de ce volume), la structure des pétioles secondaires du type en X présente deux modifications, bien que la formation ou l'insertion de ces pétioles secondaires ait lieu de la même façon, c'est-à-dire d'après le premier mode décrit à la page 364 du tome X. Les branches supérieures de l'X, qui ne sont pas terminées en crochet, s'allongent, ou, si l'on aime mieux, ces faisceaux s'élargissent, puis ils se bifurquent. Ils semblent se couper quand on examine des sections transversales faites de bas en haut. La petite branche émise ainsi latéralement se prolonge dans le pétiole secondaire. Dans les *Asplenium fœniculaceum* et *Belangeri*, elle y prend seulement un peu plus de largeur, donne lieu à une bandelette vasculaire disposée parallèlement au plan de la feuille elle-même, et dont les bords sont un peu inclinés vers la face inférieure dans la base du pétiole secondaire; mais la bandelette redresse ses bords, redevient plane un peu plus haut, et finit même par présenter une très-légère saillie d'un ou de deux vaisseaux à la face dorsale. Le faisceau des pétiolules ou lobes tertiaires se sépare des côtés de cette bandelette d'une façon analogue.

Dans l'*Asplenium caudatum*, les pétioles secondaires se forment aussi d'après ce premier mode. Une bandelette vasculaire s'isole

d'une des branches supérieures de l'X, comme dans les espèces précédentes, elle se prolonge de même dans le pétiolule; mais dans la nervure médiane des folioles il survient un changement remarquable. Vers la pointe inférieure de la lame foliaire il apparaît, près de la surface dorsale du tissu dit *cribreux*, un tout petit groupe vasculaire entièrement isolé en cet endroit entre les cellules de ce tissu. Il renferme des vaisseaux spiraux et annelés. Ce petit groupe de vaisseaux, grossissant un peu, avance vers la face inférieure de la bandelette placée au-dessus, qui, de son côté, envoie vers lui un appendice dorsal dont l'union avec ce petit groupe produit la figure du T. L'extrémité de ce T est très-brièvement bifurquée, et chaque courte branche contient également des vaisseaux spiraux et annelés.

Dans l'*Asplenium Serra*, qui appartient aussi au type X, une bandelette vasculaire est produite de même par l'une des branches supérieures de l'X ; mais l'appendice dorsal qui vient d'être décrit apparaît beaucoup plus bas. Pour les folioles inférieures, le petit groupe vasculaire dorsal initial naît derrière la bandelette encore engagée dans le tissu du pétiole primaire; pour des folioles plus élevées sur le rachis, ce groupe dorsal ne se montre que dans le pétiole secondaire. Dans la nervure médiane de la lame, le groupe dorsal se divise en deux fascicules, qui s'étendent isolément dans une certaine longueur, et sur un plan parallèle à celui de la bandelette placée au-dessus. Plus haut, dans cette nervure, un appendice dorsal naît à la face inférieure de cette bandelette; il grandit en montant dans la foliole, se bifurque sur son côté libre, et ses deux branches vont s'unir aux deux petits groupes ou fascicules dorsaux, qui contiennent des vaisseaux trachéens à spires serrées ou dilatées, et des vaisseaux annelés, semblables à ceux qui existent à la face supérieure de la bandelette. On a donc alors une tendance à la reproduction de l'X du pétiole primaire; mais dans les folioles les branches dorsales sont beaucoup plus faibles que les supérieures. Au reste, cette figure s'affaiblit de bas en haut, comme dans le pétiole primaire.

Dans les *Asplenium* du type pétiolaire en U (*A. striatum*,

Lasiopteris, *proliferum*), les pétioles secondaires naissent suivant le quatrième des modes que j'ai signalés (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 259, et *Ann.*, t. X, p. 365). Chaque branche de l'U, terminée par un crochet, allonge le fond de celui-ci ; une cloison vasculaire se forme ensuite en travers de ce crochet; elle le divise en deux parties, dont l'une sera le nouveau crochet du pétiole primaire, tandis que l'autre (le fond de l'ancien crochet) se sépare sous la forme d'un anneau vasculaire complété par le dédoublement de la cloison. Cet anneau ou tube vasculaire s'ouvre sur la face supérieure en montant vers le pétiole secondaire, et plus haut encore il se dispose en crochet sur chacun de ses bords, c'est-à-dire sur les bords de la gouttière ainsi produite, ce qui donne lieu, sur la coupe transversale, à une image affaiblie de l'U du pétiole primaire, terminé par les crochets ordinaires.

Il en est de même dans les *Aspidium Cunninghami*, *patens*, *Serra*, *violascens*, qui, nous l'avons vu aux pages 224 et suiv. de ce volume, appartiennent au même type de structure.

Dans les *Aspidium cristatum* Sw. et *Goldianum*, qui ont une autre constitution, puisque, outre leurs deux faisceaux supérieurs à crochets, ils ont des faisceaux dorsaux (voyez p. 234), les deux faisceaux à crochets prennent seuls part à la formation des pétioles secondaires, bien qu'au sommet du pétiole commun il existe encore un faisceau dorsal ou deux. La ramification du pétiole s'effectue aussi par le fond du crochet (c'est-à-dire suivant le quatrième mode). Le crochet s'allonge, se divise transversalement par une cloison, qui, en se dédoublant, refait d'une part le fond du nouveau crochet, d'autre part complète l'anneau ou tube vasculaire qui se sépare du pétiole primaire pour aller dans le pétiole secondaire. Cet anneau ou tube vasculaire, très-épais du côté du dos comme le faisceau qui lui a donné naissance, s'ouvre d'abord sur la face antérieure qui est beaucoup plus mince ; et plus haut, se fendant également sur la face dorsale, le tube vasculaire est transformé en deux faisceaux, épais vers le dos, et façonnés en deux crochets sur le côté supérieur mince dès l'origine, comme nous venons de le

voir. Les ramifications du pétiole les plus fortes, qui sont ainsi produites, possèdent donc deux faisceaux ayant chacun son crochet particulier.

Dans les *Aspidium coriaceum*, *villosum*, etc., dont les pétioles ont encore des faisceaux dorsaux au sommet, souvent sept ou huit en outre de leurs deux faisceaux supérieurs, le phénomène n'est pas aussi simple, en ce que les faisceaux dorsaux concourent avec les supérieurs à la formation des pétioles secondaires. Pendant que le fond du crochet des faisceaux supérieurs émet, comme dans les cas précédents, un faisceau annulaire ou tubuleux à dos épaissi, qui s'ouvre d'abord sur la face supérieure, et plus haut sur la face dorsale, de manière à produire deux faisceaux qui deviennent les faisceaux supérieurs du pétiole secondaire, les faisceaux dorsaux voisins du côté sur lequel la ramification a lieu, après s'être anastomosés entre eux, avec le faisceau supérieur du même côté, et avec le faisceau d'abord tubuleux que celui-ci a donné latéralement, produisent trois fascicules qui vont constituer les trois faisceaux dorsaux du pétiole secondaire.

C'est là une modification du sixième type que j'ai décrit en 1869, d'après le *Pteris aquilina*, et qui est fondé sur l'emprunt que le pétiole secondaire fait à la fois au faisceau supérieur et aux faisceaux dorsaux du même côté du pétiole primaire.

L'*Aspidium quinquangulare* offre une autre modification de ce sixième type. Au-dessous des ramifications inférieures du pétiole, les cinq faisceaux de celui-ci, dont trois dorsaux, s'unissent par des anastomoses de la manière suivante: Les deux faisceaux dorsaux latéraux s'allient au dorsal médian, puis s'en étant séparés, ils se bifurquent ; une branche les met en relation chacun avec le supérieur voisin, tandis que l'autre branche, soit directement, soit après s'être anastomosée aussi avec le supérieur, va se placer à quelque distance derrière le crochet de ce faisceau supérieur. Alors la base du crochet, ou, si l'on veut, le *manche* de ce crochet, s'allonge, puis, sur le milieu de la partie allongée, des vaisseaux se disposent en une éminence qui grandit en montant dans le pétiole, et reconstitue un autre

crochet. Le crochet primitif s'écarte de ce dernier sous la forme d'un croissant, dont chaque corne, après la division de ce croissant en deux faisceaux, constitue le crochet de ces faisceaux nouveaux, qui sont les supérieurs du pétiole secondaire; tandis que le faisceau d'origine dorsale, que nous avons vu plus bas se placer derrière le crochet du faisceau supérieur du pétiole primaire, forme le faisceau dorsal du pétiole secondaire (1).

Ce mode de ramification du pétiole de l'*Aspidium quinquangulare* est analogue au précédent quant à la séparation du faisceau dorsal, qui est unique ici, mais il en diffère en ce que c'est le crochet primitif tout entier qui s'isole (d'après le type 2, décrit à la page 364 du tome X), et non le fond seul du crochet, pour produire les faisceaux supérieurs du pétiole secondaire.

Mais il est des cas dans lesquels un petit faisceau dorsal unique est fourni, non plus par les faisceaux dorsaux du pétiole primaire, mais par l'un des faisceaux du pétiole secondaire lui-même, s'il y en a deux, ou, si ces faisceaux sont fusionnés, par la face dorsale du groupe vasculaire unique qui en résulte. Voici un exemple de chacun de ces deux cas.

Dans l'*Aspidium falcatum*, le crochet des faisceaux supérieurs du pétiole primaire, très-épaissi à sa face dorsale, s'allonge, comme il a été dit; son fond se sépare ou se coupe pour former l'anneau ou tube vasculaire déjà décrit, qui se fend d'abord sur la face antérieure plus mince, puis sur la face dorsale à son entrée dans le pétiolule. Il y a donc deux faisceaux dans ce pétiole secondaire. Dans quelques folioles, mais non dans toutes, l'un des deux faisceaux, tantôt celui de gauche, tantôt celui de droite, produit à son côté dorsal, soit près de la pointe inférieure de la lame foliaire, soit un peu plus haut, une petite branche qui va se placer sur un plan postérieur à celui des deux faisceaux précédents; mais vers le tiers de la lame, ce fascicule dorsal va s'unir à l'autre faisceau supérieur pour ne plus s'en séparer; quelquefois encore il revient à celui dont il est parti, sans être allé à l'autre.

(1) Je n'ai pas besoin de dire que quand des nervures ou pétioles secondaires ont ainsi plusieurs faisceaux, ceux-ci disparaissent successivement vers le sommet, en s'unissant de la même manière que dans le rachis ou la nervure médiane primaire.

Assez souvent aussi ce faisceau dorsal a une autre origine; *il est tout à fait indépendant des deux faisceaux du pétiolule.* Il commence, dans le parenchyme qui sépare les deux faisceaux, par un petit groupe de deux ou trois cellules à parois noires, qui forme la partie inférieure d'une gaîne de cette couleur entourant la base du petit faisceau. Celui-ci, en s'élevant dans la nervure médiane, va se placer, comme dans le cas précédent, sur un plan postérieur à celui des deux faisceaux principaux, mais il disparaît plus haut sans s'être allié ni à l'un ni à l'autre de ces derniers. C'est assurément là un fait bien remarquable. D'autres fois même ce fascicule dorsal n'était pas continu, il était interrompu en un ou deux endroits, et quelquefois il se rapprochait un peu de l'un ou de l'autre des deux faisceaux supérieurs sans s'unir avec lui (1).

Le *Polypodium aureum* offre une autre disposition du petit dorsal supplémentaire.

Dans les *Polypodium vulgare*, *aureum* et *Phymatodes*, les nervures secondaires sont formées d'après le premier mode, c'est-à-dire par les faisceaux supérieurs seuls, qui, étant dépourvus de crochet, s'élargissent, émettent une petite branche latérale, qui va former le faisceau de la nervure secondaire. Cette nervure,

(1) Le rachis primaire de l'*Aspidium quinquangulare* m'a offert quelque chose d'analogue. Le dernier dorsal, qui subsiste ordinairement seul à la hauteur des branches inférieures du rachis, va souvent s'unir, avant de disparaître, à l'un des faisceaux supérieurs, dont il se sépare pour aller s'allier plus loin à l'autre supérieur. Il s'en isole encore pour aller contracter une nouvelle union de l'autre côté, etc. Plus haut dans le rachis, il existe parfois un fascicule dorsal opposé à l'un des faisceaux supérieurs. Je crus d'abord que c'était la prolongation du dorsal primitif; mais, en quelques endroits, les coupes transversales présentant deux fascicules semblables en opposition avec les deux faisceaux supérieurs, et cela même, dans quelques cas, quand le dorsal subsiste encore, je voulus les suivre dans toute leur longueur, et je m'aperçus que par en bas ils finissaient dans le tissu cellulaire sans émaner des faisceaux supérieurs. Là ils commençaient par un léger épaississement noir entre trois ou quatre cellules contiguës. Un peu plus haut, les parois noires circonscrivaient un espace à trois, quatre ou cinq pans, ressemblant à un méat plein d'une matière trouble, dont je n'ai pu voir autrement la nature; plus haut encore, cette matière s'accusait manifestement comme un fascicule cellulo-vasculaire, qui, au-dessus, allait plus ou moins loin s'unir à l'un des faisceaux supérieurs. Ce phénomène, se renouvelant plusieurs fois, donnait lieu à une disparition et à une réapparition de faisceaux fort singulières.

dans le *Polypodium aureum,* prend peu à peu la forme d'un T assez mal conformé, à tige dorsale épaisse qui tend à se dédoubler, comme si deux faisceaux collatéraux allaient être produits, mais qui ne se dédouble pas complétement. De la base de ce T, et si elle est en partie dédoublée ou bifurquée, de l'une des deux branches très-allongée, se détache un petit faisceau, qui, en s'isolant, devient un dorsal opposé à la tige du T. Çà et là, le long de la nervure secondaire, ce fascicule dorsal se rapproche du supérieur, et va s'unir alternativement au côté gauche et au côté droit de l'extrémité de la tige du T dédoublée, bifurquée ou seulement élargie. J'ai vu ainsi jusqu'à quatre séparations et réunions successives. A la dernière fois, la séparation était incomplète, le petit groupe vasculaire seul était isolé de l'extrémité vasculaire du T, mais il restait engagé dans le tissu superficiel ou cribreux commun aux deux faisceaux, puis il finissait par se réunir au T vasculaire pour ne plus s'en séparer. Ce fascicule ne contenait ni vaisseaux spiraux ni vaisseaux annelés.

Les nervures secondaires du *Polypodium Phymatodes* donnent aussi lieu à la formation du T, de même que la nervure médiane, ainsi qu'il a été dit à la page 238 de ce volume ; mais il est mieux conformé que dans le *Polypodium aureum*. De plus, dans le *P. Phymatodes* la nervure secondaire m'a offert quelquefois un petit groupe de vaisseaux spiraux et annelés à l'extrémité dorsale de la tige du T, mais *dans la nervure inférieure seule* de chaque côté de la lame, et, ce qui est fort singulier, cela ne s'est pas rencontré dans toutes les feuilles que j'ai eues à ma disposition. Les autres nervures secondaires et les nervures tertiaires, dont le système vasculaire prend aussi la figure d'un T assez bien dessiné, ne possédaient pas ce petit groupe de vaisseaux spiraux et annelés (1).

Dans le *Polypodium vulgare*, le faisceau vasculaire séparé de la nervure médiane pour aller dans les nervures secondaires, reste lamellaire dans celles-ci sans donner d'appendice dorsal.

(1) Il est à peine nécessaire d'ajouter qu'outre ce petit groupe dorsal de vaisseaux spiraux et annelés, il existe d'autres vaisseaux de même nature aux places ordinaires, près de l'extrémité des branches transversales du T.

VII

Didymochlæna sinuosa Desv.

Dans cette communication et dans la suivante, je me propose d'entretenir l'Académie de quelques espèces du groupe des plantes qui ont fait l'objet principal du travail de M. Mohl, intitulé : *De structura caudicis Filicum arborearum* (*Icon. sel. plant. crypt. bras.* Mart.), et qui ont conduit ce savant botaniste à admettre qu'il n'existe pas de vaisseaux spiraux dans les Fougères, opinion, du reste, soutenue aussi par M. Ad. Brongniart, dans son bel ouvrage qui a pour titre : *Histoire des végétaux fossiles*, Paris, 1828. Dès 1801, M. de Mirbel avait déclaré (*Journ. de phys., de chim. et d'hist natur.*, t. LII, p. 438 et suiv.) qu'il ne trouvait que des fausses trachées dans plusieurs Fougères qu'il nomme. Il est désormais établi par les exemples assez nombreux dans lesquels j'en ai indiqué avec précision la position, que des vaisseaux spiraux, de la nature de ceux qui ont été appelés *trachées*, existent dans une quantité considérable de Fougères. Un beau et nouvel exemple est offert par le *Didymochlæna sinuosa* Desv. que M. Mohl met au nombre des Fougères arborescentes qu'il décrit. Il est vrai qu'en lisant ce qu'en dit le célèbre phytotomiste allemand, on est porté à douter s'il a désigné par ce nom la plante qui existe dans nos collections vivantes. Le doute est d'autant mieux autorisé, que l'histoire anatomique et morphologique du *Didymochlæna* est fort obscure.

Deux questions se présentent tout d'abord à l'esprit de celui qui étudie avec attention ce qui a été publié à cet égard. La première est de savoir si la plante est arborescente ou seulement rhizomateuse. La seconde a pour but de décider si les figures de tiges qui ont été signalées comme dues au *Didymochlæna sinuosa*, ont réellement été tracées d'après ce végétal.

Ce qui suit me paraît répondre à cette double question. Les

figures anatomiques de tige, les premières datées, se trouvent dans la planche A de la *Flora der Vorwelt* de M. le comte de Sternberg, publiée à Regensburg en 1825. Un tronçon de tige et sa coupe transversale, qui désignent la plante comme arborescente, y sont représentés. Il n'y a pas de description.

Dans son *Histoire des végétaux fossiles*, qui porte la date de 1828, M. Ad. Brongniart figure un tronçon de la même plante et signale le *Didymochlœna sinuosa* comme arborescent (p. 155, pl. XLII, fig. 2). Notre confrère donne en outre une coupe transversale du pétiole de la plante vraie (pl. XXXVII, fig. 25), qu'il considérait sans doute comme obtenue d'un jeune individu; et, en effet, la figure ne montre que sept faisceaux dans ce pétiole, qui peut en acquérir dix et douze et même jusqu'à dix-huit.

M. de Martius, dans ses *Icones selectæ plantarum cryptogamicarum brasiliensium*, 1828 à 1834, avec l'image d'un tronçon de la tige (pl. XXIX, fig. 1), représentée dans les deux ouvrages précédents, et une coupe transversale (fig. 2) attribuée à la même plante, donne le port d'une Fougère en arbre (pl. XXVIII), qu'il dit être le *Didymochlœna sinuosa*, ce que la description confirme pour les trois figures à la page 95.

Dans le même volume, M. Hugo v. Mohl décrit les figures 1 et 2 de la planche XXIX de M. de Martius comme appartenant au *Chnoophora* (*Alsophila*) *excelsa*, mais il attribue aussi une tige arborescente au *Didymochlœna sinuosa* (p. 41).

A. C. I. Corda, dans sa *Skizzen zur vergleichenden Phytotomie vor-und jetztweltlicher Pflanzen-Stæmme*, qui fait suite à l'ouvrage de M. de Sternberg, considère (p. XXXVI), comme M. Mohl, la figure 2 de la planche XXIX de M. de Martius comme appartenant à l'*Alsophila excelsa;* mais pour le *Didymochlœna sinuosa*, il renvoie à la planche A de M. de Sternberg, dont, je l'ai dit, la figure 1 représente la même plante que la figure 1 de la planche XXIX de M. de Martius.

J. Raddi, dans ses *Filices brasilienses* (p. 42), désigne son *Diplazium pulcherrimum* (synonyme du *Didymochlœna*) par les mots : *Filix elegantissima arborescens.*

Endlicher, dans son *Genera plantarum*, n° 637, le décrit par *Filix arborescens inter tropicos Americæ et in Moluccis observata*.

W. Hooker, dans son *Species Filicum*, t. IV, p. 5, publié en 1862, l'indique avec une tige droite et arborescente (*caudex erect*, *stout*, *arboreous*).

Tous les auteurs qui précèdent s'accordent donc à faire du *Didymochlæna sinuosa* une Fougère en arbre, mais à cette opinion sont opposés des faits d'une haute gravité.

D'abord, les coupes transversales et les tronçons de tige représentés par les botanistes que j'ai nommés, offrent tous les caractères d'une tige de Cyathéacée. Tout y est : le volume de la tige, la forme des faisceaux vasculaires de cette tige, les petites taches qui simulent les fascicules intramédullaires, la forme des cicatrices laissées par la destruction des pétioles, lesquelles cicatrices montrent : 1° un arc de faisceaux supérieur ; 2° un arc de faisceaux inférieur ; 3° un groupe de faisceaux centraux dans la région moyenne supérieure ; 4° au-dessous, deux séries obliques de faisceaux de chaque côté dans la région centrale inférieure. Rien n'y manque.

M. Mohl, dans sa belle étude de la tige des Fougères arborescentes, manque de précision à l'égard du *Didymochlæna ;* car malgré l'avis de M. de Martius, il a dit que les figures 1 et 2 de la planche XXIX appartiennent au *Chnoophora excelsa*, sans indiquer sur quoi il a fondé sa description du *Didymochlæna*. On ne le sent pas dans son travail. Les caractères anatomiques qu'il en donne sont presque identiques avec ceux qu'il trace du *Chnoophora excelsa*. Ces deux plantes sont plusieurs fois citées par lui simultanément. Le *Chnoophora excelsa* est palpable, on le voit partout dans la description, comme Cyathéacée, mais le *Didymochlæna* est insaisissable. On ne le distingue pas des *Alsophila* et des *Cyathea*. Je le cherche en vain.

M. Mohl paraît donc aussi avoir examiné une tige de Cyathéacée sous le nom de *Didymochlæna sinuosa*. Ce qui confirme dans ce sentiment, c'est le nombre *seize* qu'il attribue aux faisceaux de la tige de cette plante, comme de celle du *Chnoophora* (p. 46),

nombre qui coïncide avec celui de la tige désignée par *Didymochlæna* dans la figure 2 de la planche A de M. de Sternberg, qui présente quinze faisceaux, dont un double.

Puisque les tiges dont il s'agit appartiennent à une Cyathéacée, il est légitime de concevoir des doutes à l'égard de l'opinion qui veut que le *Didymochlæna* soit arborescent. Il y a deux sortes d'arguments contre cette opinion : 1° ceux que fournit la plante cultivée dans nos serres, qui est toujours à basse tige, et dont les caractères anatomiques diffèrent essentiellement de ceux qui ont été donnés par M. Mohl ; 2° les témoignages de Plumier, de Desvaux et de Presl.

Si M. Gaudichaud, qui a récolté la plante, avait eu affaire à une Fougère arborescente, il l'eût certainement exprimé. Il n'a rien dit à cet égard. D'un autre côté, Desvaux, dans le *Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin*, 1811, 5e année, p. 303, a fait suivre sa description du signe par lequel les botanistes représentent d'ordinaire les plantes simplement vivaces ♃. Poiret, qui, dans le supplément à l'*Encyclopédie*, t. II, p. 515, en a fait un *Asplenium ramosum*, y ajoute le même signe ♃. Enfin, Plumier, que j'ai nommé tout à l'heure, a laissé dans son *Traité des Fougères d'Amérique*, pl. LVI, sous la désignation de *Lonchitis ramosa, cauliculis seu costis squamosis*, une figure de la même plante trouvée à Saint-Domingue. Il donne une description précise de son port, puisqu'il dit que des *costes* ou caulicules (ce sont les frondes) longues de six pieds sortent d'une RACINE grosse comme le bras et chargée de restes de costes pourries. Cette expression *racine* chargée de *costes* ou pétioles morts ne laisse subsister aucun doute. A Saint-Domingue, le *Didymochlæna sinuosa* n'est pas arborescent, il est rhizomateux, il est vivace comme la plante des Indes orientales décrite par Poiret et par Desvaux, comme celle qui vit dans nos serres. J'ajouterai encore ici l'avis de Presl, qui, dans ses *Deliciæ pragenses*, 1822, p. 174, la nomme *Aspidium cultratum*, d'après un spécimen du Brésil ; il en fait une plante vivace, comme les derniers botanistes que je viens de citer.

La tige que j'ai eue à ma disposition était de même recouverte

dans sa partie inférieure par les bases persistantes des pétioles morts. Elle était assez grêle relativement, n'ayant qu'environ un centimètre et demi de diamètre après l'enlèvement des pétioles. Sa coupe transversale présente sous l'épiderme la couche fibroïde noire à l'œil nu, composée de cellules à parois jaunes, épaisses et poreuses, si commune dans les Fougères. Cette couche entoure un parenchyme dans lequel sont épars, avec les faisceaux vasculaires, de nombreux petits groupes de cellules noires, qui se montrent beaucoup plus étendus sur les coupes longitudinales. En les débarrassant avec précaution du tissu cellulaire qui les environne, on remarque qu'au centre de la tige ils constituent des lignes très-irrégulières, en zigzag, qui se relient les unes aux autres de manière à figurer souvent des mailles. Sur les côtés de la tige, ces lignes divergent obliquement en montant vers les pétioles, dans la partie inférieure desquels elles se dispersent et finissent bientôt. De simples cassures opérées par un couteau peu tranchant, sur la tige sèche, peuvent montrer fort bien aussi la connexion de ces groupes noirs entre eux, qui paraissent constituer un système continu, s'étendant de la tige dans la base des pétioles.

Les faisceaux vasculaires, propres à la tige, qui étaient au nombre de *seize* dans la plante de M. Mohl, sont dans la nôtre réduits à cinq, en quelques endroits six, sur les coupes transversales. Ils sont de grosseur inégale, comme d'habitude, suivant la hauteur à laquelle correspond la coupe, eu égard aux mailles entamées, dont ces faisceaux faisaient partie.

Après les avoir séparés des tissus qui les entourent, on trouve que ces faisceaux forment un réseau de mailles oblongues, dont la dimension varie avec le diamètre de la tige. Elles avaient 12 millimètres de longueur environ sur 4 à 5 de largeur, près du sommet de la tige, où le diamètre était le plus grand. Elles n'avaient, au contraire, que 6 à 7 millimètres sur 2 et demi à 3 millimètres, dans les parties dont la végétation avait été moins puissante.

De chaque maille partaient tantôt sept, tantôt huit faisceaux disposés de la manière suivante. Les deux supérieurs, qui sont

les plus gros, sont insérés vers les trois quarts de la hauteur de chaque maille. Une autre paire est placée un peu plus bas sur les côtés de la maille, et ses deux faisceaux constituants sont assez souvent à une hauteur inégale, l'un d'eux étant très-rapproché du supérieur. Les trois ou quatre autres faisceaux occupent, vers le bas de la maille, le pourtour du fond de celle-ci. Ces trois faisceaux, beaucoup plus rarement quatre, sont opposés chacun au faisceau d'une racine adventive. Le plus souvent même, unis avec la partie inférieure des faisceaux radiculaires, qui sont plus forts qu'eux, ils semblent émaner directement de la face antérieure de ces derniers. Il y a donc trois racines adventives (rarement quatre) au bord inférieur de chaque maille, au bas de chacune des feuilles, entre les pétioles desquelles ces racines arrivent au dehors.

Ces racines, qui ont un millimètre et demi dans leur plus grande largeur, ont leurs ramifications rangées suivant le type II de M. Clos. Elles sont donc distiques, et composées de deux faisceaux vasculaires opposés et fusionnés par leur partie formée par les plus gros vaisseaux. Sur les côtés de ce système vasculaire sont des cellules du tissu dit *cribreux*, et autour de celui-ci une strate constituée d'une à trois rangées de cellules notablement plus grandes que la généralité de celles du tissu sous-jacent. Ce système cellulo-vasculaire central est recouvert par une zone de cellules fibreuses noires ou jaunes (suivant l'épaisseur des coupes), finement poreuses, régulièrement épaissies (1). Cette zone, profonde de huit ou neuf cellules dans les racines les plus

(1) Une telle zone fibreuse autour du corps cellulo-vasculaire des racines existe dans nombre de Fougères. Dans certaines espèces, chaque cellule fibreuse est régulièrement épaissie comme dans l'exemple précédent (*Blechnum occidentale*, *Polypodium vulgare*, *aureum*) ; dans d'autres espèces, les cellules fibreuses sont irrégulièrement épaissies, elles ne le sont que peu ou pas sur la moitié tournée vers l'extérieur de la racine (*Asplenium Serra*, *fœniculaceum*, *Belangeri*, *Gymnogramme chrysophylla*). Dans l'*Asplenium Serra*, six grandes cellules irrégulièrement épaissies décrivent les six côtés d'un rhombe tronqué sur les angles aigus, autour du système cellulo-vasculaire des racines, vues sur des coupes transversales. Enfin, dans un grand nombre de Fougères, il n'existe pas de zone fibreuse à cette place (*Blechnum brasiliense*, *Asplenium Lasiopteris*, *Aspidium violascens*). Les racines de toutes les Fougères que j'ai étudiées, sauf

fortes, est entourée d'un parenchyme jaune ou noirâtre, de huit ou neuf cellules aussi en profondeur, dont les deux ou trois rangées internes sont plus étroites que les moyennes, ainsi que la rangée externe, qui porte des poils radicaux longs, en apparence unicellulés et crépus. Les racines secondaires ont la même constitution générale, avec réduction du nombre des éléments de chacune de leurs parties.

Les faisceaux pétiolaires émanés de la tige, ou nés de ceux qui en sont sortis, et dont le nombre varie de sept à dix-huit, sont disposés en un arc profond ou segment de cercle, ou même en cercle complet un peu au-dessus de la base du pétiole, où les deux faisceaux supérieurs contractent ordinairement une anastomose.

Dans les figures données par M. Brongniart (*Végét. foss.*, pl. XXXVII, fig. 25) et par Link, ces deux faisceaux sont représentés les plus forts, et le dessin de Link (*Abhandl. der kœn. Akad. der Wiss. zu Berlin*, 1835, t. XIX, fig. 3) accuse en outre le crochet vasculaire, qui, toutefois, n'a pas été mentionné dans le texte du mémoire, non plus, bien entendu, que les vaisseaux trachéens dont ces faisceaux sont pourvus.

Ces faisceaux pétiolaires sont unis çà et là entre eux par des anastomoses, au moyen de courtes branches horizontales ou obliques, mais l'anastomose inférieure des deux faisceaux supérieurs, à environ 2 millimètres au-dessus de l'insertion du pétiole, est souvent remarquable, quand elle est formée par un simple rapprochement des deux gros faisceaux, qui se fusionnent sur une courte étendue, et se séparent un peu plus haut, comme je l'ai déjà signalé chez le *Nephrolepis platyotis ;* mais cette anastomose n'existe pas ici à la base de tous les pétioles, et elle

les *Nephrolepis* et les Marattiacées, offrent le type II, et passent rarement au type III. Les racines du *Marattia Kaulfussii*, des *Angiopteris Willinckii* et *evecta* ont seules montré de cinq à vingt-deux faisceaux vasculaires réunis en partie ou non au centre de la racine, comme cela est bien connu, surtout pour cette dernière plante, depuis les observations de MM. Brongniart, Harting et Mettenius. Les racines des *Nephrolepis* ont présenté un corps cellulosvasculaire ayant de quatre à huit groupes de petits vaisseaux à sa périphérie, ainsi que je l'ai dit précédemment. (Voy. *Ann. des sc. nat.*, 5ᵉ série, t. X, p. 532, et t. XII, p. 245.)

n'est parfois représentée que par une courte branche horizontale ou un peu oblique.

Ces deux gros faisceaux, après l'apparition du crochet ou lamelle infléchie sur leur face antérieure, qui en est recouverte en grande partie sur une grande étendue du pétiole commun et du rachis, présentent sur cette face antérieure deux groupes de petits vaisseaux primordiaux spiro-annelés. L'un de ces groupes est sous le crochet, l'autre est près du bord interne supérieur de la partie la plus épaisse du faisceau. Dans un âge avancé de l'organe, ces vaisseaux primordiaux sont altérés, et leurs restes fragmentés s'observent dans des petites lacunes qui occupent les mêmes places, et qui peuvent aussi être remplies par l'extension des cellules environnantes.

Il y a en outre, à tous les âges du pétiole, de fort beaux vaisseaux spiraux ou trachéens de volumes divers, sur à peu près toute l'étendue de la face supérieure de ces deux faisceaux principaux.

Un groupe spiro-annelé primordial, altéré aussi dans la feuille adulte, et des vaisseaux trachéens persistants, existent également sur la face interne de chacun des autres faisceaux pétiolaires.

Ces vaisseaux trachéens cessent par en bas avec les faisceaux du pétiole. Ils ne pénètrent pas dans les faisceaux de la tige, qui en sont tout à fait dépourvus.

Tous les faisceaux pétiolaires, à partir de la région inférieure de l'organe qui renferme des groupes épars de cellules noires, lesquels groupes disparaissent, ainsi que je l'ai dit, un peu au-dessus de la base du pétiole, sont revêtus d'une gaîne noire, formée comme M. Mohl l'a annoncé pour d'autres plantes, par l'épaississement des parois des cellules parenchymateuses contiguës aux faisceaux, et cette gaîne est ordinairement un peu plus épaisse sur la face interne du faisceau que sur sa face externe. Elle peut être réduite à l'épaississement en noir de la seule paroi cellulaire qui touche immédiatement les cellules superficielles des faisceaux, ou bien cet épaississement peut avoir envahi le pourtour des cellules de deux ou trois rangées voisines.

On peut juger par ce qui précède, qu'à part l'insertion des racines, et la répartition des groupes de cellules noires dans la tige, la constitution du *Didymochlæna sinuosa* a beaucoup d'analogie avec celle de plusieurs des *Aspidium* que j'ai décrits antérieurement, et dont les faisceaux pétiolaires affectent la même disposition. Cette similitude va se continuer dans le rachis.

Comme dans la généralité des plantes dont le pétiole a plusieurs faisceaux, le nombre de ceux-ci va en diminuant de la base au sommet du rachis, mais cette diminution ne s'effectue pas partout de la même manière. J'en ai déjà indiqué des modes que le défaut d'espace ne me permet pas de rappeler. Dans la plante qui m'occupe et dans les cas semblables, les deux faisceaux supérieurs persistent le plus longtemps, ensuite ce sont les dorsaux médians. Les faisceaux qui disparaissent les premiers sont les plus rapprochés des deux supérieurs, et ainsi successivement jusqu'au dernier dorsal, et j'ai souvent remarqué, au moins pour les cinq ou six derniers, qu'ils le font en s'unissant par leur extrémité à la face dorsale du supérieur collatéral, après, néanmoins, s'être anastomosés plusieurs fois alternativement avec lui et avec leur voisin de l'autre côté. Par conséquent la disparition des faisceaux se fait ici des supérieurs au dorsal médian.

Il n'existe plus que ces trois faisceaux à peu près dans la partie du rachis qui commence à ne porter que des folioles lamellaires simples. Plus haut, quand le dernier dorsal s'est ajouté définitivement à l'un des supérieurs, à celui de gauche, par exemple, ce que j'ai vu arriver à la hauteur de la sixième foliole de ce côté à partir du sommet, il ne reste plus que ces deux supérieurs, qui eux-mêmes se réunissent en un seul à une petite distance au-dessus, entre l'insertion de la troisième et de la deuxième foliole lamellaire.

Bien qu'on retrouve dans la ramification du pétiole quelques traits de ressemblance avec ce qui se passe dans quantité de Fougères, l'insertion des rameaux de cet organe, étudiée sur les coupes transversales, suffirait à elle seule pour caractériser le *Didymochlæna* parmi toutes les Fougères que j'ai examinées jusqu'à présent.

Quoiqu'il y ait dans le pétiole primaire, près des pétioles secondaires inférieurs, à peu près le même nombre de faisceaux que beaucoup plus bas (10 à 18 par exemple), les rameaux du pétiole ne reçoivent de vaisseaux chacun que du faisceau supérieur du même côté. Là, le crochet vasculaire de ce faisceau s'élargit beaucoup. J'en ai mesuré qui, immédiatement au-dessous du premier pétiole secondaire, avaient $0^{mm},50$ de largeur ou profondeur, tandis que le crochet de l'autre faisceau supérieur, qui devait produire le deuxième pétiole secondaire un peu plus haut de l'autre côté, n'avait encore que $0^{mm},30$.

Ce beau crochet se comporte d'après le quatrième des modes que j'ai décrits en 1869 (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 259 et *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. X, p. 365), c'est-à-dire que son fond émet une branche tubuleuse, très-fortement épaissie sur sa partie dorsale, et très-mince sur les côtés et sur la face antérieure. Celle-ci s'ouvre longitudinalement la première, vers l'entrée du faisceau dans la base du pétiole secondaire. On a alors une gouttière dont le fond est épaissi d'une manière fort remarquable. Ce fond est occupé par une forte arête longitudinale qui, partageant la gouttière en deux, porte les vaisseaux trachéens et annelés sur chacune de ses faces latérales. Un peu plus haut, cette arête médiane se fend elle-même suivant la longueur. Il en résulte comme une troisième gouttière vasculaire située entre les deux latérales. Elle grandit promptement. D'abord remplie par du tissu cellulaire périphérique du faisceau, sa région moyenne est bientôt envahie par des cellules colorées en jaune, en brun ou en noir, comme celles qui entourent le faisceau lui-même. Quand cette gouttière est arrivée à son maximum d'amplitude, la coupe transversale du corps vasculaire du pétiole secondaire présente l'image d'une triple gouttière, dont les deux latérales, plus étroites, occupent les bords de la médiane, plus large et plus profonde.

Le fond de cette dernière, fortement épaissi, se sépare un peu plus haut des deux gouttières latérales, et constitue, après cette séparation, le faisceau dorsal du pétiole secondaire, tandis

que les deux gouttières latérales en forment les deux faisceaux supérieurs.

Telle est la disposition des trois faisceaux des pétioles secondaires principaux, près de leur insertion. Je dis des principaux pétioles secondaires, parce qu'il n'en est pas de même pour les pétioles du second ordre les plus haut placés sur le rachis. En effet, le beau crochet qui existe plus bas s'affaiblit de plus en plus par en haut ; il se raccourcit au point de ne presque plus recouvrir du tout la face supérieure du faisceau auquel il appartient. Dans ce cas, ce n'est plus le fond du crochet qui fournit seul les vaisseaux du pétiole secondaire, c'est, que l'on me passe cette expression, le manche du crochet qui se coupe, après avoir produit sur sa face antérieure une proéminence, dont le dédoublement reforme, d'un côté le crochet du faisceau pétiolaire primaire, et de l'autre un petit crochet à la nouvelle extrémité latérale de la bandelette vasculaire qui s'isole pour aller dans le pétiole secondaire. Cette bandelette, qui a la forme d'une gouttière relativement large et déprimée, se divise bientôt en deux faisceaux : l'un plus faible et l'autre plus fort. Ce dernier se partage de nouveau en deux un peu plus haut. On a alors les trois faisceaux du pétiole secondaire; mais dans les pétioles secondaires les plus faibles, la bandelette vasculaire peut ne se diviser qu'en deux faisceaux, qui sont placés sur le même plan, et représentent les deux faisceaux supérieurs. Il n'y a pas de faisceau dorsal dans ce dernier cas.

On voit par là que les faisceaux des pétioles secondaires supérieurs, au lieu d'être produits, comme ceux des inférieurs, suivant le quatrième type, le sont suivant le deuxième, décrit à la page 259 du tome LXIX des *Comptes rendus*, et *Ann des sc. nat.*, 5ᵉ série, t. X, p. 364.

Aux trois faisceaux des pétioles secondaires qui viennent d'être mentionnés, s'interposent des petits faisceaux plus ou moins obliques, qui les relient entre eux, ce qui donne souvent alors cinq faisceaux sur les coupes transversales; mais en approchant du sommet du rachis, le dorsal, après être allé plusieurs fois de l'un des supérieurs à l'autre, disparaît en s'alliant à l'un d'eux

comme celui du pétiole primaire. Enfin, les deux faisceaux supérieurs se fusionnent en un seul comme dans ce dernier.

Les pétioles tertiaires, qui portent les folioles lamellaires, sont tous formés par le deuxième mode ou type que je viens de rappeler. Qu'il y ait trois faisceaux dans le pétiole secondaire ou qu'il n'y en ait que deux, chacun de ces deux faisceaux, ou chacun des deux supérieurs s'il y en a trois, légèrement recourbé en crochet sur le bord externe, s'élargit et émet çà et là une petite branche, qui se prolonge dans un pétiole tertiaire, après quoi elle constitue la nervure principale de la foliole lamellaire dans laquelle elle émet latéralement des nervures qui se subdivisent, et qui, toutes, contiennent des vaisseaux trachéens déroulés et de non déroulés.

VIII

REMARQUES SUR LA STRUCTURE DES CYATHÉACÉES.

Bien que la structure de la tige des Cyathéacées ait été souvent étudiée, son histoire présente encore quelques lacunes, et parmi les additions qui ont été faites par divers auteurs à la description donnée par M. Mohl, il en est qui ont besoin d'être rectifiées et d'autres complétées. Je ne traiterai aujourd'hui que de la distribution du système vasculaire.

On sait, surtout depuis le travail de M. Mohl publié en 1833 (*Icon. sel. pl. crypt. br.* Mart.) que, vu longitudinalement dans son ensemble, débarrassé de tous les tissus environnants, le corps cellulo-vasculaire principal, entouré de toutes parts par une gaîne prosenchymateuse, dont il est séparé par une couche mince de parenchyme semblable à celui de la moelle et de l'écorce, se montre comme un étui plus ou moins ondulé, traversé çà et là par des fentes à bords saillants en dehors, dont chacune correspond à une insertion de feuille, et qui, à cause de cela, ont été appelées par les anatomistes : *ouvertures foliaires*, *fentes* ou *lacunes foliaires*. C'est à l'existence de ces fentes qu'est due, sur la coupe transversale, l'apparence de faisceaux semi-lunaires, à cornes infléchies vers l'extérieur, et dont quelques-

uns, plus larges que les autres, souvent à double courbure, simulant l'assemblage de deux faisceaux, représentent la portion du tube coupée au-dessus ou au-dessous d'une insertion de feuille, comme l'a dit M. Mohl.

Au bord de ces ouvertures aboutissent : 1° des faisceaux radiculaires, 2° des faisceaux pétiolaires, 3° quelquefois un bourgeon adventif au-dessous de l'ouverture foliaire, 4° des faisceaux intramédullaires, 5° des faisceaux intracorticaux dans certaines espèces.

Je vais m'occuper successivement de chacun de ces divers ordres de faisceaux.

De ceux des racines adventives je rappellerai seulement qu'ils naissent près du bord saillant des ouvertures du tube vasculaire, principalement sur la partie de ce bord qui porte les faisceaux pétiolaires dorsaux, et qu'il naît aussi de ces racines adventives en grand nombre, et suivant une ou deux rangées, à la face externe de la portion basilaire des faisceaux du pétiole encore plongée dans le parenchyme cortical de la tige. Le corps cellulo-vasculaire des racines de l'*Alsophila aculeata* J. Sm., et du *Cyathea medullaris* Sw., était construit sur le type II, et quelquefois sur le type III dans la dernière espèce. En conséquence, les ramifications de ces racines étaient distiques, et plus rarement sur trois rangs dans le *Cyathea medullaris*. Ce corps cellulo-vasculaire était entouré d'une écorce parenchymateuse, sans couche de cellules fibreuses noires et épaissies, comme celle que présentent certaines racines de Fougères à la face interne de l'écorce (voy. p. 264 de ce volume).

Les faisceaux pétiolaires, qui émanent des bords des ouvertures foliaires, se partagent en dorsaux et en antérieurs ou supérieurs. Les dorsaux occupent la moitié ou les trois quarts inférieurs de l'ouverture foliaire. Les antérieurs sortent de chaque côté de la partie supérieure de l'ouverture ; mais, suivant l'âge des plantes ou la dimension des tiges, la forme de l'ouverture sur laquelle ces faisceaux s'insèrent, varie dans son contour, et ce changement de forme occasionne aussi dans la disposition des faisceaux du pétiole, et par conséquent de ceux des cicatrices que les

feuilles laissent sur la tige après leur destruction, des modifications notables dans la même espèce.

Avant d'indiquer ces variations, et parce que les cicatrices traduisent quelques-uns des principaux caractères anatomiques de ces plantes, je crois devoir rappeler l'arrangement des faisceaux dans les cicatrices chez les plantes âgées, arrangement dont nombre de figures ont été données dans les ouvrages de A. P. de Candolle, Brongniart, Mohl, Corda et Mettenius, et dont Mohl a tracé (*l. c.*, p. 42) la description suivante, qu'il dit convenir à toutes les espèces examinées par lui :

Les faisceaux forment dans la cicatrice deux arcs semi-lunaires, dont l'un est parallèle avec le bord supérieur et l'autre avec le bord inférieur. Les extrémités de ces deux demi-cercles, qui sont tournés l'un vers l'autre, étant distantes de quelques lignes, ne sont pas unies immédiatement, mais par l'intermédiaire de deux séries droites de fascicules, qui courent de dehors en dedans et de haut en bas vers la ligne médiane de la cicatrice, et là se *joignent* sous un angle aigu. De plus, dans l'espace qui est enfermé par les deux séries droites supérieures et par l'arc marginal semi-lunaire d'en haut, sont contenus quelques fascicules vasculaires, réunis en un petit groupe et séparés des autres.

Cette description me paraît devoir donner lieu à deux observations. La première, c'est que ce dernier petit groupe central n'est pas aussi séparé, aussi indépendant que le croit M. Mohl, ce qui sera démontré plus loin. La seconde consiste en ce que l'auteur ne me semble pas autorisé à dire que les deux arcs de faisceaux se joignent par les extrémités des séries de fascicules rentrantes.

Cette seconde remarque n'est pas sans importance, car il convient de faire ressortir combien est tranchée la séparation des arcs supérieur et inférieur des faisceaux du pétiole. Si les faisceaux extrêmes des deux lignes rentrantes d'un même côté sont quelquefois assez rapprochés, ces deux lignes ou séries n'en sont pas moins distinctes, et sans connexion immédiate. Elles appartiennent à des groupes si différents, que les faisceaux de chaque ligne supérieure émanent d'un lobe rentrant du tube vasculaire, tandis que les faisceaux de chaque ligne inférieure proviennent d'un lobe courbé en sens inverse, vers le dehors.

C'est que les faisceaux périphériques *de la cicatrice* et ceux de ces quatre lignes rentrantes ne représentent pas seulement des faisceaux distribués suivant une ligne sinueuse, et sortis tous du pourtour de l'ouverture foliaire, ils se partagent nettement dans les plantes adultes en deux groupes : un arc supérieur et un arc inférieur (avec leurs dépendances), qui chacun se subdivise lui-même à l'insertion sur l'ouverture foliaire en deux groupes partiels : l'un de droite et l'autre de gauche. C'est pour cela que dans le pétiole, à une certaine hauteur, tous les faisceaux sont répartis, comme nous le verrons, en quatre groupes, et plus haut en quatre faisceaux symétriques deux à deux.

La division des faisceaux du pétiole en groupes de droite et en groupes de gauche est très-marquée à l'insertion, surtout pour les supérieurs, qui n'embrassent pas le sommet de l'ouverture foliaire comme les inférieurs entourent sa base.

Dans des plantes jeunes, les bords des ouvertures foliaires sont peu ondulés, tous les faisceaux en émanent comme des deux côtés d'une boutonnière béante. A mesure que les plantes grossissent, les places qui portent les faisceaux supérieurs et les inférieurs se différencient davantage. De chaque côté de la partie supérieure de la boutonnière se forme ordinairement un lobe court, et large en proportion du nombre des faisceaux supérieurs qu'il soutient, et qui sont d'abord réduits à trois, quatre ou cinq de chaque côté. Les deux ou trois faisceaux les plus haut placés sur un côté donné, et la partie du lobe qui les porte, s'il est visible, se dressent ou s'infléchissent en dehors pour concourir à la formation de l'arc supérieur, tandis que la partie du lobe qui soutient le faisceau inférieur du même groupe s'infléchit vers le centre du pétiole. C'est là le commencement de la série rentrante de ce côté de l'arc supérieur, dont les faisceaux se multiplient avec l'âge de la plante, comme je le dirai plus loin.

A l'arc inférieur les séries rentrantes ne commencent que beaucoup plus tard, quand celles de l'arc supérieur ont souvent déjà quatre ou cinq faisceaux. Comme au-dessous de ce dernier, le bord de la lame qui porte les faisceaux s'élève, mais il s'inflé-

chit en dehors, en produisant vers chaque extrémité de l'arc inférieur un lobe dirigé obliquement de bas en haut, et de dedans en dehors, en sens inverse du précédent.

A son origine, ce lobe, peu saillant, ne porte de faisceaux que sur son côté postérieur, et contribue ainsi à l'extension de l'arc; mais, à mesure qu'il croît en hauteur, des faisceaux apparaissent sur le bord antérieur, dont ils semblent contourner le sommet, et donnent lieu à une série rentrante.

On voit par là que les deux séries rentrantes des extrémités de l'arc supérieur de la cicatrice, étant formées par des lobes rentrants, et les deux séries rentrantes de l'arc inférieur par des lobes sortants, ces deux ordres de séries ne sont point superposés près de l'insertion des faisceaux, comme ils le sont dans la cicatrice. Ce n'est qu'en montant vers le pétiole que leur superposition s'effectue. Par conséquent, malgré le rapprochement de leurs extrémités, les séries inférieures et les supérieures n'en appartiennent pas moins à des groupes de faisceaux très-distincts.

En ce qui regarde l'insertion des faisceaux pétiolaires, M. Mettenius, au mémoire duquel je renvoie (*Abh. d. math. phys. Cl. d. kœn. sæchs. Gesells. d. Wiss.*, Leipzig, 1864, t. VI, p. 525 et suiv.), avait déjà fait quelques additions importantes au travail de M. Mohl ; mais il est des faits d'un haut intérêt pour la théorie qui sont restés inaperçus de mes prédécesseurs. Tels sont les suivants entre autres.

Ils n'ont pas vu, par exemple, qu'outre les séries rentrantes des faisceaux *aux extrémités* des arcs désignés, il en est deux autres qui ont pour siége ou point de départ *le milieu* de l'arc supérieur, et que c'est à elles que doivent être rapportés les faisceaux enfermés dans cet arc supérieur. Cela est frappant au premier coup d'œil pour une partie de ces faisceaux, surtout dans certaines plantes; pour les autres je donnerai une explication qui aura pour elle au moins la vraisemblance.

Les exemples que je citerai démontreront, contre l'opinion de M. Mohl et de M. Mettenius, que les faisceaux centraux

enfermés dans l'arc supérieur ne sont pas dus exclusivement à la prolongation de faisceaux intramédullaires.

Voyons d'abord quels rapports ces derniers, venus de la moelle centrale, ont avec les ouvertures foliaires. Chemin faisant, l'exposition des faits que je viens d'annoncer trouvera sa place.

Les *faisceaux intramédullaires* ont été découverts par M. Mohl, qui pensa qu'épars dans la moelle, ils se dirigent vers les fentes du tube vasculaire, et qu'en montant ils rencontrent d'autres fascicules purement fibreux, qui les entourent à petite distance sous la forme d'une gaîne, et qu'ensuite ils passent de la moelle dans le pétiole, dans lequel, après un bref parcours, ils s'unissent en une lame avec ceux qui sont nés du cylindre ligneux (*l. c.*, p. 49).

Suivant M. H. Karsten (*Abh. d. kœn. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1847, p. 195), « les faisceaux intramédullaires ont une ori-
» gine diverse. Les uns naissent au milieu du tissu médullaire;
» les autres émanent du cylindre ligneux là où les tissus de la
» feuille se séparent de la tige; ils courent ensuite par en haut
» à travers le milieu du parenchyme de la moelle, après quoi
» ils se tournent de nouveau vers le pourtour de la tige, et
» entrent tout droit dans une feuille, dont ils occupent le milieu
» du pétiole, qu'ils parcourent dans toute sa longueur. »

M. Lestiboudois (*Comptes rendus*, 1854, t. XXXIX, p. 882) dit que « les fibres qui occupent le centre du pétiole proviennent
» plus habituellement des fibres éparses dans le centre médul-
» laire, et que ces fibres s'unissent souvent aux fibres qui
» occupent la partie supérieure du contour du pétiole. »

M. Mettenius a décrit avec plus d'exactitude à quelques égards le passage des faisceaux intramédullaires aux feuilles (*l. c.*, p. 525 et suiv.). Il a vu que, suivant les espèces et la dimension des tiges, les faisceaux intramédullaires entrent dans chaque feuille en une, deux ou plusieurs paires symétriques ou à peu près.

Bien que M. Mettenius décrive en réalité quelques-unes des principales dispositions de ces faisceaux, sa description manque

de précision à divers égards, et elle est entachée de quelques erreurs, dont la plus considérable consiste, comme je l'ai déjà dit plus haut, en ce qu'il prétend (*l. c.*, p. 528) que « les fais- » ceaux qui sont enfermés dans l'arc supérieur doivent leur ori- » gine seulement à des faisceaux du plexus intramédullaire». Il a évidemment méconnu le véritable état des choses, ce qui l'a empêché de donner une théorie satisfaisante de la cicatrice.

Voici, du reste, un extrait de ses observations sur les rapports des faisceaux intramédullaires avec l'insertion des feuilles.

Dans une jeune tige d'*Hemitelia capensis* les plus fortes cicatrices présentaient à la face dorsale un arc composé de neuf faisceaux, et à la face antérieure seulement quatre ou cinq faisceaux. Deux autres faisceaux étaient rapprochés du milieu de la cicatrice. Une seule paire d'intramédullaires entrait dans chaque feuille, et ses deux faisceaux, unis entre eux par une corde transversale avant leur sortie de la moelle, formaient *les deux faisceaux antérieurs moyens* de la cicatrice, et étaient constamment unis aussi bien avec la corde latérale externe la plus proche, qui émanait du bord de la lacune foliaire, qu'*avec le bord supérieur* de la lacune *par une corde déliée* (*l. c.*, p. 526).

Un autre exemple lui fut donné par une jeune tige d'*Alsophila radens*, dont chaque cicatrice avait six faisceaux disposés en cercle. Les deux antérieurs de ces faisceaux étaient formés par deux intramédullaires qui, *à leur sortie à travers la lacune foliaire*, envoyaient *deux rameaux grêles* au bord supérieur de celle-ci.

Il résulte de ces deux observations que, dans les plantes citées, les deux faisceaux antérieurs moyens du pétiole n'émanent pas du bord de la lacune foliaire, auquel ils sont unis seulement par un filament. Ils seraient simplement la prolongation de faisceaux intramédullaires.

Ces deux observations diffèrent de ce que j'ai vu dans les jeunes plantes d'espèces différentes, il est vrai, que j'ai eu l'occasion d'examiner, en ce que j'ai toujours trouvé les deux faisceaux antérieurs médians du pétiole insérés *sur le bord même* de l'ouverture foliaire, et au-dessous de chacun d'eux aboutissait un faisceau intramédullaire; de plus, ce dernier, avant d'arriver

au bord de l'ouverture, se reliait quelquefois au tube vasculaire de la tige par un fascicule ténu (sous quelques feuilles de *Cyathea medullaris* par exemple). Dans des plantes beaucoup plus âgées, ainsi qu'on le verra plus loin, j'ai toujours rencontré les *faisceaux antérieurs moyens périphériques* émanant du bord de l'ouverture foliaire, mais les *faisceaux centraux* enfermés dans l'arc supérieur, peuvent être simplement unis au bord de la lacune foliaire par un filament analogue à celui que M. Mettenius dit avoir observé comme moyen d'union des faisceaux antérieurs moyens périphériques avec le bord supérieur chez de jeunes individus.

Comme spécimen présentant deux paires de faisceaux intra-médullaires entrant dans chaque feuille, M. Mettenius signale une jeune tige de *Cyathea arborea*. Il indique à la base du pétiole douze à treize faisceaux périphériques disposés en cercle, et de plus quatre faisceaux centraux qui partageaient le cercle en un arc inférieur plus grand et un arc supérieur plus petit. Les deux faisceaux intramédullaires les premiers sortants formaient les deux faisceaux centraux moyens, et étaient unis avec les bords latéraux de la lacune foliaire; les deux intramédullaires sortant plus tard produisaient les deux cordes antérieures moyennes périphériques, et s'unissaient avec le bord supérieur de la lacune comme dans l'*Hemitelia capensis* mentionné plus haut (*l. c.*, p. 526).

Ici, de même que dans les deux exemples précédents, les deux faisceaux antérieurs médians périphériques seraient la prolongation de cordons intramédullaires et unis au bord de la lacune foliaire seulement par un fil grêle. Cette description manque en outre de précision en ce que l'auteur ne dit pas si les faisceaux centraux appartiennent à l'arc supérieur ou à l'arc inférieur.

Enfin, M. Mettenius décrit deux exemples de plantes dans lesquelles chaque feuille reçoit plusieurs paires de faisceaux intra-médullaires. Le premier est fourni par une espèce indéterminée, et le second par l'*Alsophila Haenkei*. Dans ces deux Fougères il existerait assez souvent un faisceau intramédullaire

au-dessous du faisceau le plus interne de chaque série rentrante de l'arc inférieur, et dans l'*Alsophila Haenkei* cet intramédullaire serait en outre relié par un rameau à l'une des cordes voisines de cet arc inférieur. De plus, d'autres faisceaux intramédullaires aboutissent à la partie inférieure des lobes portant les séries rentrantes de l'arc supérieur, et une partie des faisceaux de cet arc même sont unis aussi avec des cordes du plexus intramédullaire. C'est d'après ces deux plantes que M. Mettenius a dit que les faisceaux de la cicatrice enfermés dans l'arc supérieur proviennent exclusivement des faisceaux intramédullaires.

Nous verrons tout à l'heure ce qu'il en faut penser.

Je vais maintenant examiner divers cas qui concordent en partie avec ceux qu'a décrits M. Mettenius, et dont l'exposition pourra expliquer, compléter ou rectifier ce qu'il peut y avoir de trop bref ou d'incorrect dans la description de ce botaniste.

Le cas le plus simple m'a été offert par des bourgeons adventifs développés à des degrés divers au-dessous de presque toutes les feuilles d'une tige d'*Alsophila aculeata* J. Sm., qui avait été bouturée. Chacun de ces bourgeons était inséré sur le tube vasculaire au-dessous d'une ouverture foliaire; mais leur insertion était bien différente de celle de bourgeons observés dans la même position par M. Karsten, sur une tige d'*Alsophila pruinata* (*l. c.*, p. 197). En effet, suivant ce savant, ces bourgeons commençaient par une anse conique ou cylindrique, simulant à la surface du système vasculaire une sorte de sac ou un éperon de corolle, de façon que la moelle de chaque bourgeon communiquait avec celle de la tige mère. Chez mes bourgeons, au contraire, une telle communication n'avait pas lieu. Ils avaient plus d'analogie avec ceux que M. Stenzel a vus naître sur des tiges d'*Aspidium spinulosum*, etc. (*Flora*, 1859, p. 173) ou avec ceux que j'ai décrits d'après le *Blechnum occidentale*.

Chaque bourgeon commence par un gros faisceau vasculaire qui se creuse au milieu, tantôt dès sa base même à la surface du corps vasculaire de la tige, tantôt à quelques millimètres au-dessus de cette base. Il devient donc tubuleux, et s'ouvre en

boutonnière d'abord sur l'un des côtés ou sur la face antérieure, et ensuite à des distances telles, que la coupe transversale n'offrait jamais plus de deux lames ou faisceaux à la fois.

Bien que les bourgeons les plus développés ne fussent pas encore munis de feuilles, il sortait des bords de chaque boutonnière six faisceaux foliaires, trois sur chaque bord. Les deux faisceaux supérieurs de chaque côté, fixés un peu au-dessous du sommet de l'ouverture foliaire, avaient une courte base commune (1), et au-dessous de leur insertion aboutissait un fascicule qui par en bas se prolongeait dans la moelle, en sorte qu'une paire de faisceaux intramédullaires arrivait à chaque ouverture foliaire, un tel faisceau de chaque côté.

La tige qui portait ces bourgeons, ayant 3 centimètres et demi de diamètre, ne présentait que trois et quatre faisceaux sur les coupes transversales. Chaque pétiole avait à sa base de sept à neuf faisceaux dorsaux, émanant de la majeure partie inférieure de l'ouverture foliaire et formant l'arc dorsal dépourvu de séries rentrantes. Vers le haut de l'ouverture était de chaque côté un groupe de quatre faisceaux portés sur une courte base commune, et tandis que les antérieurs se dirigeaient par en haut, tendant à former l'arc supérieur, qui était incomplet, le faisceau inférieur de chaque groupe s'infléchissait vers le centre du pétiole, et par conséquent constituait le commencement de la série rentrante. De plus, il arrivait de l'intérieur de la moelle deux paires de faisceaux intramédullaires. Chaque faisceau de l'une de ces paires aboutissait au-dessous de l'insertion de chacun des deux faisceaux médians antérieurs de l'arc supérieur ébauché, tandis que les faisceaux de l'autre paire aboutissaient au-dessous de l'insertion des deux faisceaux rentrants des extrémités de cet arc.

Dans une jeune tige de *Cyathea medullaris*, la disposition des faisceaux pétiolaires était à peu près la même. Il y avait un arc

(1) Ces deux faisceaux de chaque côté, accolés l'un à l'autre par leur base, semblaient représenter les rudiments de l'arc supérieur, tandis que l'arc inférieur n'aurait eu qu'un faisceau de chaque côté. La partie inférieure de la boutonnière était sans faisceaux foliaires, mais portait plusieurs racines adventives, dont une au-dessous de la base de l'ouverture.

dorsal de sept faisceaux, sans indice de séries rentrantes, et vers la face supérieure de la base du pétiole, de chaque côté, un groupe de cinq faisceaux (quelquefois quatre seulement), disposés de façon que trois, placés dans le plan parallèle à la face antérieure du pétiole, tendaient à former l'arc supérieur, tandis que les deux autres, avançant vers le centre de l'organe, représentaient la série rentrante de chaque extrémité de cet arc supérieur, qui offrait au milieu un intervalle plus grand qu'entre ses autres faisceaux. Comme dans la plante précédente, deux paires de faisceaux intramédullaires arrivaient à ces deux groupes antérieurs, rudiments de l'arc supérieur. Chacun des faisceaux de l'une d'elles aboutissait au-dessous de l'insertion du faisceau rentrant le plus interne de chaque extrémité de l'arc, et ceux de l'autre paire au-dessous de l'insertion des deux faisceaux antérieurs moyens de cet arc, qui eux-mêmes *descendaient* un peu vers le centre du pétiole, et commençaient ainsi *les séries rentrantes du milieu de l'arc supérieur*.

Dans une autre tige de *Cyathea medullaris* plus âgée, les faisceaux de la cicatrice étaient plus nombreux. Il y en avait quatorze à l'arc inférieur, et l'un des côtés de cet arc offrait en outre un faisceau commençant la série rentrante. L'arc supérieur, encore incomplet dans sa partie moyenne, avait cinq faisceaux de chaque côté. Deux faisceaux, opposés au vide laissé dans le milieu de l'arc, s'en étaient éloignés pour se rapprocher un peu vers la région centrale. De plus, au-dessous d'eux et encore plus près du centre, étaient deux faisceaux dont l'insertion au bas des lobes portant l'arc supérieur, montrait qu'ils représentaient avec les deux précédents deux nouvelles séries rentrantes, correspondant au milieu de l'arc supérieur. Comme au-dessous de l'insertion de ces deux faisceaux les plus rentrants centraux aboutissaient les deux faisceaux intramédullaires que, dans l'exemple précédent, nous avions vus au-dessous des deux faisceaux commençant à dévier vers le centre, ou même faisant partie de l'arc supérieur ébauché, dont ils étaient les médians, il en résulte que ces deux faisceaux centraux doivent être considérés comme les équivalents de ces faisceaux su-

périeurs médians de l'arc supérieur, déviés vers le centre du pétiole.

Outre les deux faisceaux intramédullaires qui viennent d'être indiqués, il y en avait d'ordinaire encore quatre paires au-dessous de chaque feuille; elles correspondaient toutes aux bords des lobes portant les deux séries rentrantes, de cinq ou six faisceaux chacune, des extrémités de l'arc supérieur. Ces faisceaux intramédullaires d'un même côté étaient anastomosés entre eux et avec le supérieur du même côté.

Une tige de *Cyathea arborea*, envoyée par L'Herminier, était fort instructive en ce qui concerne les rapports des faisceaux centraux ou rentrants du milieu de l'arc supérieur avec les intramédullaires. Dans les cicatrices de cette plante, l'arc supérieur était très-complet. Il n'y avait pas le moindre vide au milieu, et pourtant il existait au-dessous des faisceaux médians de cet arc souvent deux paires de faisceaux centraux superposées à quelque distance l'une de l'autre. Quelquefois la paire inférieure de ces faisceaux existait seule, avec un faisceau isolé placé au-dessus. Les faisceaux de la paire supérieure étaient insérés sur le sommet des lobes qui portent les faisceaux de l'arc, à la base même des faisceaux médians de cet arc, et les faisceaux de la paire inférieure étaient fixés directement au-dessous, au bas de chacun de ces lobes (1). Cette disposition démontre deux choses: 1° que les faisceaux centraux sont des faisceaux de deux séries rentrantes qui n'avaient pas été signalées comme telles jusqu'ici par les botanistes (les séries rentrantes du milieu de l'arc supérieur); 2° comme il n'arrive de faisceaux intramédullaires qu'au-dessous de l'insertion des faisceaux de la paire inférieure, et pas au-dessous de la paire supérieure, et que d'ailleurs tous ces faisceaux centraux sont attachés au bord du tube vasculaire, il est évident, pour cette double raison, que l'on ne peut plus dire que les faisceaux centraux enfermés dans l'arc supérieur proviennent seulement de la prolongation de faisceaux

(1) Les séries rentrantes des extrémités de l'arc supérieur avaient chacune cinq ou six faisceaux, et cependant un seul faisceau intramédullaire y aboutissait, au-dessous du faisceau inférieur de chaque série.

intramédullaires, comme le pensaient MM. Mohl, Karsten et Mettenius.

Si les faits qui précèdent ne laissent à cet égard aucun doute dans l'esprit, il faut reconnaître néanmoins qu'il est de ces faisceaux centraux dont la véritable origine n'est pas aussi bien établie à première vue. Je vais essayer de donner une explication de ces faits, et montrer qu'ils ne constituent qu'une modification d'un même mode d'insertion de ces faisceaux centraux.

Dans ma tige de *Cyathea medullaris* la plus âgée et dans celle de *Cyathea arborea* dont je viens de parler, les faisceaux de la paire inférieure étaient comme attachés par le côté sur une courte étendue longitudinale, comme brièvement greffés latéralement au bord du tube vasculaire. Pour quelques-uns de ces faisceaux du *Cyathea arborea*, le point d'attache *était raccourci verticalement* et *un peu allongé horizontalement*, en sorte que l'union paraissait effectuée par un court et épais faisceau transversal ou un peu oblique. Dans d'autres exemples que je vais citer, ce faisceau d'union était beaucoup plus long, et donnait aux faisceaux centraux l'apparence de prolongements des faisceaux intramédullaires unis au bord du tube vasculaire par un faisceau transverse plus ou moins oblique.

Dans une tige de *Cyathea glauca* de 11 centimètres de diamètre, rapportée de Bourbon par M. Gaudichaud, il y avait sous l'arc supérieur souvent trois paires de faisceaux centraux superposées (quelquefois deux paires et un faisceau impair au-dessus). Dans quelques bases foliaires, chaque faisceau de la paire supérieure était inséré au sommet du lobe portant les faisceaux de l'arc supérieur, comme dans le cas précédent, et il n'avait pas de faisceau intramédullaire au-dessous de lui. Chaque faisceau central de la deuxième paire était attaché au bas de chacun des mêmes lobes, soit immédiatement, soit par l'intermédiaire d'un court filament de longueur variable. A la base de ce faisceau et semblant le prolonger inférieurement, s'attachait le faisceau, quelquefois assez long, qui le reliait avec le faisceau de la paire le plus bas placée, auquel aboutissait un faisceau intramédullaire vrai. A première vue, il paraîtrait tout

naturel de dire : Un faisceau intramédullaire, en s'approchant de l'ouverture foliaire, se bifurque une première fois : l'une des branches devient l'un des faisceaux centraux inférieurs ou de la première paire ; l'autre branche, en montant, se divise de nouveau pour donner le faisceau de la deuxième paire du même côté, tandis que son autre rameau aboutit à la base du lobe qui porte les faisceaux de l'arc supérieur du côté correspondant. Mais, en s'exprimant ainsi, il n'y a aucun lien théorique entre la position de ces faisceaux des paires inférieures et celle des faisceaux de la troisième paire qui est plus élevée, quand ils sont insérés au sommet des lobes qui supportent l'arc supérieur ; tandis qu'en admettant un allongement, comme par une sorte de traction, des tissus vasculaires qui effectuent l'insertion de ces fàisceaux, on arrive à pouvoir considérer les faisceaux centraux les plus bas placés dans la cicatrice comme formant le sommet organique de celle-ci, de même que dans la Figue le sommet organique est au fond de la cavité.

C'est à cette conclusion que conduit aussi la considération de la série des développements présentés par les tiges de divers âges décrites ci-dessus. Nous avons vu que dans de jeunes bourgeons adventifs qui n'avaient que trois faisceaux de chaque côté des fentes foliaires, un faisceau intramédullaire aboutit au-dessous de l'insertion des deux faisceaux supérieurs d'un même côté, qui ont une base commune, et qui représentent la moitié de l'arc rudimentaire ; et que, dans la tige qui portait ces bourgeons, il y avait au-dessous de chaque groupe de faisceaux représentant aussi la moitié de l'arc supérieur ébauché, un faisceau intramédullaire au-dessous du faisceau supérieur, et un autre au-dessous du faisceau inférieur du groupe et commençant la série rentrante de ce côté inférieur de l'arc. C'est entre ces deux faisceaux extrêmes du groupe, munis chacun d'un faisceau intramédullaire à sa base, que se développent par interposition et par bifurcation des premiers existants les autres faisceaux de l'arc supérieur et des séries rentrantes. Nous avons vu aussi que, dans une jeune tige de *Cyathea medullaris* qui n'avait que quatre ou cinq faisceaux dans chaque groupe commençant son arc supé-

rieur et ses séries rentrantes latérales, le faisceau supérieur de chaque côté commençait lui-même à s'abaisser vers le centre, et qu'au-dessous de lui aboutissait un faisceau intramédullaire ; que dans une autre tige plus âgée de la même plante, il y avait à la même place (au milieu de l'arc supérieur) deux faisceaux manifestement rentrants de chaque côté, et que les deux plus rentrés, insérés au bas des lobes portant chaque moitié de l'arc, étaient dans le prolongement de deux faisceaux intramédullaires; que dans le *Cyathea arborea* la même disposition était non moins marquée, et que de plus l'insertion de ces faisceaux rentrés commençait à s'étirer en filament.

Tout cela étant incontestable, il est naturel d'admettre que dans le *Cyathea glauca* l'insertion des faisceaux de la paire inférieure s'est d'abord étirée, ensuite celle des faisceaux de la deuxième paire, et que ce phénomène s'effectue comme si le côté de chaque lobe qui porte les faisceaux de l'arc glissait de haut en bas en s'allongeant; que l'on me passe cette expression.

On conçoit ainsi très-bien comment le faisceau intramédullaire qui, dans des jeunes plantes, aboutit au-dessous du faisceau le plus élevé de chaque côté de l'ouverture foliaire et aussi de l'arc ébauché, se trouve graduellement abaissé vers le centre de la cicatrice.

Quant au développement *impair* des faisceaux centraux supérieurs, il s'explique de deux manières, ou plutôt il y a deux cas, deux états : 1° ou bien l'un des faisceaux ne s'est pas développé sur l'une des moitiés de l'arc ; 2° ou bien, comme je l'ai vu quelquefois dans le *Cyathea glauca*, il part du sommet de chaque lobe un court faisceau qui, s'élevant obliquement, va s'anastomoser avec son homologue du côté opposé. De leur jonction naît un faisceau médian de l'arc, tandis que de la base de ce faisceau en émane un autre qui se dirige vers le centre de la cicatrice, et devient le faisceau central supérieur impair.

Le *Cyathea glauca* m'a offert une particularité que je dois mentionner ici. C'est que les faisceaux centraux de la paire la plus élevée, au lieu d'être insérés sur les lobes qui portent les faisceaux de l'arc, comme je viens de le dire, naissent quelquefois de la bifurcation des faisceaux qui ordinairement ne consti-

tuent que les faisceaux de la deuxième paire. Ainsi, de chaque côté, le faisceau de la deuxième paire, à insertion étirée, se bifurque, une branche produit le faisceau de la deuxième paire, l'autre branche le faisceau de la troisième paire ou supérieure.

Les déductions que je viens d'énoncer à l'égard de l'origine des faisceaux centraux sont encore confirmées par les observations que m'a fournies une belle tige de $1^{m},70$ de hauteur et de 9 centimètres de diamètre, malheureusement indéterminée parce qu'elle est arrivée morte à Paris, et qui faisait dans les serres du Muséum un élégant support que le jardinier des serres M. Houllet voulut bien sacrifier sur ma demande. Ses cicatrices étaient grandes et ne présentaient pas moins de soixante faisceaux chacune. Les séries rentrantes des extrémités de l'arc supérieur avaient cinq et six faisceaux, et, par elles et par l'arc, quatre, cinq ou six faisceaux centraux étaient enfermés, et superposés comme d'habitude. Qu'il y en eût trois ou deux seulement de chaque côté, le supérieur était constamment inséré au bord de l'ouverture foliaire, au bas de l'un des deux faisceaux médians de l'arc, et celui ou les deux qui étaient au-dessous dans la cicatrice avaient une insertion (comme étirée en fil) analogue à celle des inférieurs que je viens de signaler d'après le *Cyathea glauca*, avec un degré de complication de plus, tenant à l'augmentation du nombre des faisceaux intramédullaires, dont il y avait ordinairement six ou sept, quelquefois huit de chaque côté. Au-dessous de l'insertion de chaque faisceau central supérieur, fixé, comme je viens de le dire, au bord de l'ouverture foliaire, émanait un court faisceau oblique (théoriquement le tissu d'insertion étiré) qui portait le faisceau central de la paire placée au-dessous, et quand il existait une troisième paire, chacun de ses faisceaux était uni au précédent par une branche semblable, ayant la même origine théorique. Ici se présentait fréquemment un fait capital pour l'explication des faisceaux centraux sans communication avec le bord de l'ouverture, s'il en existe réellement, ce que je n'ai pas encore eu l'occasion d'observer, les ayant toujours vus s'y rattacher par un filament. C'est que le faisceau d'union de l'un de ces faisceaux centraux à l'autre était parfois comme

résorbé ou non complétement développé, ou comme s'il eût subi une rupture analogue à celle qui arrive par une traction exercée sur une matière visqueuse, de sorte qu'il n'en subsistait que deux moignons vasculaires s'avançant l'un vers l'autre. De plus, tantôt chacun des faisceaux centraux de la cicatrice était directement prolongé par en bas par un faisceau intramédullaire ou une branche d'un tel faisceau ; tantôt deux d'entre eux avaient pour prolongement un même faisceau intramédullaire. Enfin ces divers faisceaux intramédullaires du voisinage de l'ouverture foliaire, et même les fils d'union des faisceaux centraux entre eux, envoyaient des branches qui les reliaient aux bords de l'ouverture au-dessous de quelques-uns quelconques des faisceaux de l'arc supérieur, comme, par exemple, au-dessous du premier ou inférieur et du troisième à la fois, ou bien du quatrième et du sixième, etc.

Les faisceaux intramédullaires prolongeant par en bas les faisceaux centraux supérieurs, étaient aussi parfois reliés par des branches semblables avec les bords des lobes portant les faisceaux des deux séries rentrantes des extrémités de l'arc supérieur. Et, dans quelques cas, le bord d'un tel lobe rentrant, soutenant une série de cinq faisceaux, pouvait aussi recevoir cinq faisceaux intramédullaires ou branches de tels faisceaux, mais chacun de ces cinq intramédullaires, n'aboutissait pas toujours au bas d'un faisceau de la série rentrante. L'un de ces intramédullaires se terminait parfois dans l'intervalle de deux faisceaux de la série, et un des faisceaux de celle-ci pouvait par conséquent ne pas recevoir d'intramédullaire ; mais le faisceau inférieur de la série rentrante en reçoit toujours un et quelquefois deux (1).

(1) Je n'ai jamais vu manquer le faisceau intramédullaire à la base du faisceau inférieur ou le plus interne de la série rentrante des extrémités de l'arc supérieur ; c'est pourquoi je suis étonné que M. Mettenius n'en ait pas rencontré au-dessous des faisceaux centraux de sa figure 14, table V, fournie par l'*Hemitelia capensis*. Les premiers faisceaux avançant vers le centre sont ordinairement les rentrants des extrémités de l'arc supérieur, et, comme je viens de le dire, ils sont habituellement pourvus d'un faisceau intramédullaire au-dessous de leur insertion. En serait-il autrement dans cette plante ? Il y a là, en tous cas, un point douteux à vérifier.

Il est à noter que malgré le grand nombre de ces faisceaux intramédullaires, aucun d'eux n'aboutissait au-dessous de l'un des faisceaux de l'arc inférieur de la cicatrice.

Dans cette plante, les faisceaux intramédullaires, munis, au voisinage de l'ouverture foliaire, d'une gaîne fibreuse qui s'affaiblissait à mesure qu'ils étaient situés plus profondément dans la moelle, se superposaient de chaque côté du rétrécissement qui précède l'ouverture, en série de six ou sept, plus rarement huit. Les inférieurs, descendant presque verticalement, se terminaient à peu près à la hauteur de la base de l'insertion des faisceaux du pétiole, en se fusionnant par l'extrémité de leur gaîne avec la couche fibreuse interne de même nature, qui délimite la moelle centrale. J'ai pu constater, dans quelques-uns de ces faisceaux, que le cordon vasculaire s'atténuait graduellement, et disparaissait tout à fait, de sorte qu'il ne restait plus par en bas qu'un fascicule purement fibreux.

Je n'ai pas vu la terminaison de ceux qui avançaient le plus dans la moelle, parce que celle-ci avait été détruite en se desséchant ; mais la contraction du tissu médullaire, pendant la dessiccation, montrait que les faisceaux d'un même côté étaient anastomosés entre eux, tandis que ceux de droite n'étaient pas reliés avec ceux de gauche, là à leur émergence de la moelle, à leur entrée dans le rétrécissement qui précède, ou, si l'on veut, qui constitue l'ouverture foliaire.

Il n'en est pas ainsi dans toutes les espèces, car dans la tige de *Cyathea arborea* dont j'ai parlé, la disposition est tout autre. Les deux faisceaux intramédullaires qui prolongent par en bas les faisceaux centraux ou rentrants du milieu de l'arc supérieur, au lieu de s'en aller chacun de son côté, à droite et à gauche, dans la moelle, se rapprochent à une courte distance de la base de ces faisceaux centraux, et se fusionnent en un seul qui s'avance dans la moelle. Les deux intramédullaires prolongeant les faisceaux inférieurs des séries rentrantes des extrémités du même arc supérieur, s'unissent aussi en un seul faisceau comprimé dans le plan vertical, à très-faible distance de la base des lobes rentrants auxquels ils aboutissent ; de façon que, pour chacune de ces

deux paires de faisceaux, il ne va dans la moelle, ou si l'on aime mieux, il n'en arrive qu'un seul faisceau.

Je n'ai pas vu la continuation de ces faisceaux, parce que la moelle était détruite ; mais il n'en subsiste pas moins un aspect très-différent dans l'arrangement des intramédullaires en cet endroit dans les deux plantes que je viens de désigner.

Une disposition analogue à la dernière existe dans le *Cyathea glauca* avec une légère complication due à ce que les branches des intramédullaires qui aboutissent aux ouvertures foliaires sont plus nombreuses. Les prolongements des faisceaux centraux rentrants du milieu de l'arc supérieur aboutissaient de même à une seul intramédullaire, situé plus profondément néanmoins que dans la plante précédente. Il en était de même au-dessous des séries rentrantes des extrémités du même arc supérieur ; mais là aboutissaient trois branches d'intramédullaires de chaque côté : l'une au-dessous du faisceau inférieur de la série, une autre au-dessous du deuxième faisceau de celle-ci, et la troisième vers la base du troisième faisceau en montant. Les trois branches s'unissaient successivement, les deux inférieures le faisaient d'abord, et la troisième s'y ralliait plus loin. Le faisceau qui résultait de leur jonction se joignait plus profondément encore au semblable du côté opposé, de façon que dans cette plante, comme dans le *Cyathea arborea*, seulement deux intramédullaires semblaient émaner de la moelle pour entrer dans chaque feuille, après s'être divisés au-dessous de l'ouverture foliaire.

Comment se comportent ces faisceaux dans la moelle centrale? C'est là un desideratum que la difficulté d'obtenir des tiges vivantes ne m'a pas permis de faire cesser. Je dirai seulement que, dans les deux tiges d'*Alsophila aculeata* et de *Cyathea medullaris* que j'ai eues à ma disposition, j'ai constaté l'existence du réseau à mailles très-irrégulières signalé par M. Mettenius ; que, dans ces deux espèces, qui paraissent appartenir au premier des types que je viens de décrire, les deux faisceaux descendant de chaque côté d'une feuille de mes jeunes individus, l'un du faisceau médian supérieur, l'autre du faisceau rentrant

inférieur de l'arc antérieur, tantôt étaient liés par une courte branche, tantôt s'unissaient directement et bientôt se séparaient ; puis ils descendaient dans la moelle, l'un en s'avançant davantage vers la région centrale qu'il n'atteignait pas cependant, tandis que l'autre se rapprochait de la périphérie qu'il suivait pendant quelque espace à la distance de 1 à 3 millimètres environ. De ces faisceaux voisins de la surface de la moelle arrivaient même à la couche fibreuse environnante, s'y enfonçaient plus ou moins dans un sillon, ou même dans une fente qui traversait complétement cette couche, puis le faisceau revenait dans la moelle centrale, sans être allé au tube vasculaire de la tige situé plus à l'extérieur.

La grande tige indéterminée dont j'ai parlé m'a fourni des fragments lamellaires de ce tube de plusieurs décimètres carrés, obtenus par la putréfaction, et jamais je n'ai découvert rien qui annonçât à leur face interne, qui était parfaitement lisse, l'insertion d'un fascicule vasculaire ailleurs qu'auprès des ouvertures foliaires. Il paraissait en être de même dans les deux jeunes tiges que je viens de mentionner.

Il me reste, pour terminer, à décrire un autre ordre de faisceaux encore moins connus que les précédents. Je veux parler des faisceaux *intracorticaux* qui existent dans quelques espèces, et qui sont placés dans la courbure des lames vasculaires qui séparent les ouvertures foliaires.

Ach. Richard en signale en ces termes dans ses *Éléments de botanique*, 1846, p. 145 :

« En dehors de ces figures compliquées, dont la réunion constitue le cercle ou corps ligneux, se voient quelques faisceaux inégaux et irréguliers, plus ou moins volumineux, disséminés dans le tissu utriculaire extérieur, et également anastomosés entre eux dans leur longueur. »

Si les faisceaux que j'ai vus se rapportent à ceux qu'a signalés notre regretté confrère, son observation doit être incomplète, car il n'indique pas les connexions de ces faisceaux avec le système vasculaire principal.

De son côté, M. Mettenius a décrit comme une particularité de l'*Alsophila Haenkei* (*l. c.*, p. 528) « deux cordes qui sortent

» des faisceaux latéraux les plus externes de l'arc périphérique
» supérieur de la cicatrice, et qui, ordinairement après récep-
» tion d'un renforcement des faisceaux latéraux supérieurs de
» l'arc inférieur, descendent verticalement près de la cicatrice
» dans l'écorce ; puis, s'atténuant graduellement et se terminant
» en pointe fine, ils finissent au-dessus de la base ou à la base
» même de la lacune foliaire, au contact de la gaîne prosenchy-
» mateuse externe du tube des faisceaux vasculaires. La gaîne
» prosenchymateuse de ces deux cordes descendantes n'est
» jamais traversée par des racines comme les cordes qui vont de
» la moitié inférieure de la lacune foliaire dans la feuille. »

De telles cordes vasculaires ne sont point particulières à l'*Alsophila Haenkei*, comme l'a cru M. Mettenius. J'en ai observé d'analogues, exactement dans la même position, chez le *Cyathea arborea*. Mais, outre ces faisceaux, qui étaient aplatis et obtus à leur extrémité, et qui descendaient de chaque côté de l'ouverture foliaire, il y avait encore, inséré derrière eux et au même endroit, c'est-à-dire derrière le coude que fait le bord de l'ouverture foliaire en passant de l'arc périphérique supérieur à la série rentrante inférieure de cet arc, un autre faisceau aplati aussi et beaucoup plus large, que M. Mettenius ne signale pas dans l'*Alsophila Haenkei*. Ce faisceau, en se prolongeant par en haut, se bifurque deux fois successivement. La branche externe, par rapport à l'ouverture foliaire adjacente, allait s'attacher au côté de l'insertion pétiolaire voisine un peu plus élevée vers la droite, je suppose. L'autre branche se bifurquant pour la seconde fois, son rameau interne contournait la partie supérieure de l'insertion foliaire, rencontrait au-dessus de celle-ci un rameau semblable venu du côté opposé de la même base de feuille, et s'anastomosait avec lui en produisant une branche descendante verticale, dont je n'ai pas vu la terminaison, et une branche montante, qui, s'unissant aux deux rameaux libres des faisceaux latéraux de droite et de gauche de l'ouverture foliaire, donnait lieu à un large faisceau qui, en passant à côté de la feuille voisine située un peu plus haut vers la gauche, s'y attachait comme il vient d'être dit, et se comportait au-dessus comme le faisceau

précédent, en sorte que toutes les bases de feuilles de cette tige étaient reliées entre elles par un réseau de faisceaux intracorticaux, extérieurs au système vasculaire principal. Ces faisceaux avaient une forte gaîne prosenchymateuse spéciale, qui s'anastomosait avec la gaîne générale du corps vasculaire.

Ce réseau vasculaire supplémentaire externe, doublant en quelque façon le rôle du tube vasculaire principal, semblait aussi accroître la solidarité des feuilles entre elles, qui toutes, on le sait, sont pourvues de nombreuses racines adventives à leur base.

IX

Après avoir étudié la distribution du système vasculaire dans la tige des Cyathéacées, je suis naturellement conduit à examiner la constitution de ses faisceaux.

Selon M. Mohl, le corps ligneux (*lignum*, *corpus lignosum*, *cylinder ligneus* ou *lignosus*) est composé seulement de vaisseaux scalariformes et poreux, auxquels sont interposés des groupes de petites cellules parenchymateuses à parois minces, qui, surtout vers l'extérieur et vers l'intérieur, forment des lignes sinueuses (*Icon. sel. pl. crypt. bras. Mart.*, p. 47).

Il est bien vrai que le système vasculaire de la tige des *Alsophila aculeata* J. Sm. et *Cyathea medullaris* Sw., que j'ai pu étudier sur le vivant, ne contient pas de vaisseaux dits trachéens, comme en renferment nombre de Fougères que j'ai citées ; mais il y a pourtant quelque chose de plus que ce qu'a décrit M. Mohl. On y trouve, près des bords des ouvertures foliaires, des petits groupes de vaisseaux primordiaux très-grêles, qui rappellent, par leur altération précoce, ceux qui existent devant la ligne médiane des faisceaux de la généralité des autres plantes vasculaires ; toutefois ils consistent non en vaisseaux spiraux simples, mais en vaisseaux réticulés ou fendus étirés. Déjà assez près du sommet de la tige en végétation, on en voit les débris dans une petite lacune, que l'on peut suivre par des coupes transversales aux bords des ouvertures foliaires, et même un peu plus bas que ces ouvertures.

Si l'on dirige les coupes de bas en haut, on aperçoit, près du fond des fentes foliaires et de chaque côté, un étroit espace cellulaire, entouré de toutes parts par les grands vaisseaux scalariformes, dans lequel est la petite lacune qui contient les vaisseaux primordiaux. En montant, cet espace et la lacune qu'il enserre, ou, si l'on veut, la lacune et le fascicule des vaisseaux primordiaux, d'abord enclavés dans le corps vasculaire principal, se rapprochent peu à peu du bord interne de celui-ci, où ils occupent une anse ou échancrure irrégulière, qui se prolonge de bas en haut, en se divisant successivement pour envoyer des rameaux dans les faisceaux dorsaux du pétiole. Comme cette ramification du groupe primordial s'effectue sous un angle aigu, on peut avoir à la fois, sur la même coupe transversale, deux ou trois anses semblables, et même jusqu'à cinq près de l'insertion des faisceaux supérieurs.

Dans ma dernière communication, j'ai insisté sur la distinction *du groupe* des faisceaux formant la moitié de l'arc supérieur et sa série rentrante d'un côté donné, et *du groupe* des faisceaux formant la moitié de l'arc inférieur et sa série rentrante du même côté. Voici un fait qui, s'il se généralise, tendrait encore à appuyer cette distinction, en la renforçant d'un élégant caractère anatomique. C'est que je n'ai pas trouvé de relation entre les vaisseaux primordiaux du groupe des faisceaux de l'arc supérieur et ceux du groupe des faisceaux de l'arc inférieur dans l'*Alsophila aculeata*, c'est-à-dire que les vaisseaux primordiaux des faisceaux de l'arc supérieur ne viennent pas de la ramification du groupe qui émet successivement les vaisseaux primordiaux des faisceaux dorsaux du même côté. En effet, des coupes transversales opérées entre ces deux groupes supérieur et inférieur, au-dessous, par exemple, du point d'attache du faisceau intra-médullaire qui aboutissait, au bas du groupe supérieur, au-dessous du faisceau inférieur commençant la série rentrante de ce groupe, ne montraient pas de trace des petits vaisseaux primordiaux, qui, au contraire, étaient observés au-dessus du point d'attache de l'intra-médullaire (1) que je viens de désigner;

(1) Les faisceaux intramédullaires que M. Mohl décrit (*loc. cit.*) comme des fascicules

et il est encore à remarquer que, à l'insertion des faisceaux de l'arc supérieur, le groupe des primordiaux se prolongeait, s'enfermait au milieu des scalariformes composant le bord de la lame vasculaire de la tige, absolument comme nous avons vu le groupe des primordiaux s'enfoncer dans le tissu vasculaire *à la base* de l'ouverture foliaire, dans cette plante et dans diverses autres que j'ai citées antérieurement (*Blechnum brasiliense*, etc.).

Dans l'*Alsophila aculeata*, il semblait que les faisceaux supérieurs se préparassent d'avance à cette immersion des petits vaisseaux primordiaux dans la masse du tissu vasculaire ; car chaque faisceau de l'arc supérieur, courbé en gouttière sur sa face interne, dans la partie inférieure du pétiole, se ferme en tube parfait autour de ses vaisseaux primordiaux, un peu au-dessus de son insertion.

Si, maintenant, nous suivons de bas en haut les faisceaux du pétiole, nous leur trouvons une disposition qui concorde assez bien dans les diverses Cyathéacées que j'ai étudiées sous ce rapport. Les faisceaux, tous courbés en arc sur leur face antérieure, en gouttière qui contient les vaisseaux primordiaux (1), sont

de vaisseaux scalariformes entourés de quelques séries de cellules allongées contenant de la matière résineuse rouge avaient, dans mes plantes vivantes, une section transversale circulaire ou elliptique, dont le diamètre oscillait communément entre $0^{mm},20$ et $0^{mm},35$; mais il atteignait quelquefois $0^{mm},50$ sur $0^{mm},25$. Chaque faisceau a ordinairement une petite lacune à peu près centrale avec des débris de vaisseaux primordiaux réticulés (rarement des anneaux), qui sont quelquefois interposés à des utricules relativement larges, dues à l'extension des cellules pariétales et à leur division. Auprès de cette lacune sont des vaisseaux réticulés entiers, et plus à l'extérieur des vaisseaux scalariformes. Ces derniers sont répartis tantôt en arc autour de la lacune qui contient les vaisseaux primordiaux, et tantôt ils sont distribués sur deux côtés opposés de la lacune. Ce groupe vasculaire entier est entouré de trois ou quatre rangées de cellules allongées, qui représentent le tissu du système dit *cribreux* et le tissu périphérique qui l'entoure ordinairement, et dont toutefois il n'est pas distinct ici.

(1) Ces vaisseaux primordiaux, qui sont très-ténus, n'ayant que $0^{mm},05$ à $0^{mm},01$ de largeur, sont de la nature des vaisseaux fendus ou réticulés, et étirés, montrant assez souvent des apparences d'anneaux rarement isolés, le plus souvent uni par un filament qui indique leur origine réticulée. Dans les feuilles des *Hemitelia horrida* et *speciosa*, ces vaisseaux primordiaux sont plus uniformément constitués de vaisseaux fendus ou réticulés, étirés, que dans les *Cyathea medullaris, arborea* et l'*Alsophila aculeata*, dans lesquels les vaisseaux spiro-annelés sont plus nombreux

composés de vaisseaux scalariformes ou rayés plus grêles, occupant le fond de la gouttière, et de vaisseaux scalariformes plus gros qui forment les côtés de celle-ci.

Les faisceaux pétiolaires, vers la base de l'organe, isolés ou quelquefois unis deux à deux, sont toujours disposés de façon que ceux qui font partie des arcs périphériques sont tournés vers le centre du pétiole, c'est-à-dire qu'ils ont toujours leur groupe de vaisseaux primordiaux dirigé vers ce point, tandis que les faisceaux rentrants des extrémités de l'arc inférieur ont le dos tourné vers ce centre, et les faisceaux des séries rentrantes des extrémités de l'arc supérieur, en sens inverse des derniers, l'ont dirigé obliquement vers la face dorsale du pétiole. Les faisceaux rentrants du milieu de l'arc supérieur ont un arrangement qui concorde avec la théorie que j'ai donnée de leur origine à la page 280 et suivantes de ce volume. Ceux de la moitié de droite du pétiole sont tournés de gauche à droite ou obliquement de bas en haut ; ceux de la moitié de gauche sont dirigés de droite à gauche ou obliquement vers cette direction de bas en haut.

En montant dans le pétiole, les faisceaux qui, dans les plantes âgées, forment deux arcs bien complets, l'un supérieur et l'autre inférieur, se partagent d'abord en deux groupes dans chacun des arcs, un groupe de droite et un groupe de gauche ; puis les faisceaux de chaque groupe tendent à se réunir en une seule lame ou large faisceau. Ce sont ordinairement les faisceaux des groupes supérieurs qui s'assemblent les premiers, et les faisceaux des deux séries rentrantes du milieu de l'arc supérieur s'ajoutent, comme la théorie que j'en ai donnée l'exige, au côté antérieur de la moitié correspondante de l'arc, qu'ils prolongent en un crochet rentrant.

On a alors sur la coupe transversale, pour la moitié de droite,

et mieux constitués, avec passages aux réticulés. — En 1846, Ach. Richard (*Élém. de bot.*, 7e édit., p. 146) attribuait aux faisceaux des Fougères : 1° des vaisseaux scalariformes ; 2° des vaisseaux rayés ; 3° quelquefois des vaisseaux annulaires, mais sans indiquer leur position relative. M. Schacht dit, dans son *Lehrbuch der Anat. und Physiol der Gewächse*, p. 314 (Berlin, 1855), que dans le cambium se forment d'abord des vaisseaux annelés ou des vaisseaux spiraux, et plus tard des vaisseaux scalariformes, sans indiquer non plus la position propre à chaque forme.

une figure à angle externe plus ou moins aigu ou mousse qui rappelle le chiffre 7, et pour la moitié de gauche une figure inverse ⌈ (⌈7). Les faisceaux de l'arc inférieur, préalablement divisés aussi en groupe de droite et en groupe de gauche, s'assemblent également de chaque côté en un faisceau lamellaire inverse de son voisin, et symétrique par rapport à lui.

Dans les plantes où l'arc inférieur n'a pas encore de séries rentrantes à ses extrémités, les faisceaux supérieurs de chaque côté de cet arc se disposent de manière à constituer un crochet, et, pour se préparer à prendre cette forme, on les voit souvent se fermer d'abord en tube sur une courte étendue.

Les faisceaux du pétiole sont dès lors tout disposés pour la ramification de l'organe, dont je parlerai tout à l'heure; mais auparavant je veux signaler les principales modifications que subit l'agencement de ces faisceaux dans toute la longueur du rachis.

D'abord les deux larges faisceaux supérieurs, de droite et de gauche, formés comme il vient d'être dit, s'assemblent par leur côté postérieur rentrant, en une gouttière supérieure à bords recourbés en dedans. Le nombre des faisceaux constituants primitifs qui entrent dans leur composition, et en font des lames quelquefois élégamment ondulées, est ordinairement déjà diminué. Il continue de s'amoindrir de bas en haut du rachis comme d'habitude.

L'accolement des deux faisceaux ou lames vasculaires de chaque paire en particulier (de la supérieure et de l'inférieure) en une gouttière, se fait à des hauteurs variables pour chaque espèce, et, dans une certaine mesure, dans des feuilles différentes du même individu, suivant la force des feuilles. Dans l'*Alsophila aculeata*, j'ai trouvé ordinairement la gouttière supérieure formée au-dessous de la ramification inférieure du pétiole. Dans le *Cyathea medullaris*, la gouttière était réalisée de la première ramification du pétiole à la quatrième (elle était formée le plus haut dans les feuilles les plus fortes) ; elle l'était vers la hauteur de la troisième et de la quatrième ramification dans l'*Hemitelia speciosa* et dans le *Cyathea arborea;* vers le

deuxième et le troisième rameau du rachis, dans l'*Hemitelia horrida*.

Les faisceaux dorsaux ne s'assemblent souvent que beaucoup plus tard ; cependant la réunion est quelquefois presque simultanée, c'est-à-dire avancée au même degré pour les faisceaux antérieurs et pour les dorsaux, et j'ai remarqué, par exemple dans le *Cyathea arborea*, qu'avant de s'unir pour ne plus se séparer, les deux dorsaux surtout peuvent s'allier et se séparer une ou plusieurs fois successivement.

Quand les deux gouttières vasculaires sont constituées, elles vont en s'affaiblissant de bas en haut comme je l'ai dit, et la dorsale plus vite que l'antérieure. Les deux courbes ou crochets qui en font les bords, se rapprochant peu à peu par le rétrécissement de la partie moyenne, finissent par ne former bientôt plus qu'un segment de cercle, dont plus haut les deux bords peuvent s'unir en un anneau (*Alsophila aculeata*) ou faisceau tubuleux, qui plus haut encore va s'adjoindre au dos de la gouttière supérieure bien atténuée. Dans le *Cyathea arborea*, l'anneau dorsal n'est effectué que par l'application des bords du segment de cercle contre un appendice dorsal de la gouttière supérieure. Cette dernière, en s'affaiblissant, perd graduellement ses crochets latéraux ou bords saillants en avant, de façon que la figure de l'ensemble finit par ne plus représenter qu'une sorte d'Y ou ϒ, terminé au dos par un anneau vasculaire complet, qui redevient incomplet quand lui-même commence à s'atténuer. Une figure analogue est produite vers le sommet du rachis de l'*Hemitelia horrida*, mais je n'ai pas vu s'y produire d'anneau dorsal ; sa gouttière postérieure se réduit à un arc si petit, ou même à un fil si ténu, qu'il ne fait qu'accroître un peu l'appendice de la gouttière supérieure, amenée graduellement à une sorte de V plus ou moins déprimé. Dans le *Cyathea medullaris*, les crochets de la gouttière supérieure étaient mieux conservés, c'est-à-dire qu'ils donnaient lieu à un demi-cercle, au dos duquel va s'ajouter le fil vasculaire que constitue le faisceau dorsal.

L'*Hemitelia speciosa*, en exagérant en quelque sorte la deuxième modification que je viens de signaler, se conduit aussi

d'une façon remarquable. Quand la gouttière dorsale, qui n'est opérée que fort tard par la réunion des faisceaux postérieurs, fut réduite à un arc représentant un seul faisceau, et n'ayant par conséquent qu'un groupe de vaisseaux primordiaux sur sa face antérieure, cet arc dorsal, relativement grand, avec ses crochets latéraux, est ajouté au dos de la gouttière antérieure comme dans le cas précédent, formant ainsi une sorte de 8 ouvert au sommet. Puisla gorge du 8 s'ouvrant longitudinalement, il en résulte une seule gouttière profonde, qui va en s'affaiblissant par en haut, et ne donne plus lieu, vers la partie supérieure du rachis, qu'à un petit arc vasculaire.

Dans une autre feuille de la même plante, quand les deux gouttières furent constituées et la dorsale réduite à un certain degré, l'antérieure s'est fendue par la moitié avant que la dorsale s'y fût ajoutée. Les deux faisceaux supérieurs ainsi reproduits, l'un à droite, l'autre à gauche, sont venus, chacun de son côté, se juxtaposer au bord correspondant de la gouttière dorsale, et se fusionner avec ce bord, de manière à l'exhausser et à le transformer en gouttière profonde, terminée en avant par les crochets des faisceaux antérieurs. Cette gouttière nouvelle s'est ensuite atténuée progressivement comme je viens de le dire.

Une autre particularité a été offerte par la feuille de l'*Hemitelia integrifolia*, qui ressemble beaucoup à l'*Hemitelia speciosa*, auquel M. W. Hooker le réunit. Dans les deux plantes cultivées au Muséum, j'ai trouvé quelques différences anatomiques dignes d'être signalées.

L'*Hemitelia speciosa* qui a les feuilles seulement pinnatifides au sommet, a montré la structure que je viens de décrire.

L'*Hemitelia integrifolia*, dont toutes les divisions de la feuille sont pétiolulées, même la terminale, a donné les caractères suivants. Un peu au-dessous du sommet du rachis, avant même la formation de la gouttière inférieure, qui peut ne pas se compléter, à cause du rapprochement imparfait des deux faisceaux dorsaux, la gouttière supérieure, en allongeant ses crochets, c'est-à-dire ses bords infléchis, s'est fermée sur sa face antérieure au-

dessous de la dernière foliole latérale, de manière à figurer une ellipse très-comprimée sur la coupe transversale. Puis ce tube elliptique s'est divisé longitudinalement en deux à peu près égaux, tandis que le corps vasculaire dorsal s'est partagé de même. Il en est résulté deux couples de faisceaux tubuleux, l'une de droite et l'autre de gauche, allant chacune à un pétiolule ; celle de gauche à la dernière foliole latérale, celle de droite à la foliole terminale. Dans chacun des pétiolules, il y avait donc un tube vasculaire supérieur (qui s'ouvrit en avant d'abord dans le pétiolule de gauche, puis dans le pétiolule de droite) et un tube vasculaire dorsal, qui s'adjoignit au dos de la gouttière antérieure produite par le tube supérieur ouvert. Le 8 ainsi formé subit quelques-unes des modifications que je vais indiquer maintenant, en décrivant la structure des rameaux secondaires du pétiole.

La ramification du pétiole des Cyathéacées que j'ai étudiées, est effectuée par une simplification du sixième des types que j'ai décrits en 1869 en traitant du *Pteris aquilina* (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 256, 257 et 259 et *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. X, p. 361, 362 et 365), c'est-à-dire par le concours des faisceaux antérieurs et des postérieurs d'un même côté. Ici, ce concours est exercé par le coude ou crochet qui existe à chaque extrémité des deux arcs vasculaires, lequel coude est formé, comme je l'ai dit, par la fusion des faisceaux de chaque série rentrante avec les faisceaux extrêmes de l'arc voisin.

Des coupes transversales, prises de bas en haut, montrent qu'à l'approche de la base d'une ramification du pétiole chacun des deux coudes ou crochets correspondants devient plus profond. Un peu plus haut, une cloison vasculaire transversale est formée dans ce coude ou crochet ; puis cette cloison, après s'être épaissie, se dédouble, et un anneau ou tube vasculaire se sépare de l'extrémité de chaque coude, suivant le quatrième des modes que j'ai décrits (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. X, p. 365, et p. 254 de ce volume).

Les deux anneaux ainsi produits ont leurs parois latérales, celles de droite et de gauche, constituées par des vaisseaux plus

petits que ceux qui composent leurs faces antérieure et postérieure, ce qui donne à leur section transversale l'aspect d'un ○ couché, aminci latéralement. De plus, il y a en dedans, des deux côtés, un groupe de petits vaisseaux primordiaux. Par conséquent chaque anneau en a deux groupes opposés l'un à l'autre.

Les deux petits tubes ainsi structurés 8 se rapprochent graduellement en montant, et vers leur entrée dans le tissu du pétiole secondaire ils se joignent et s'unissent de manière à figurer d'abord un 8 sur la coupe transversale. Un peu plus haut le 8 s'ouvre par le sommet, mais assez souvent l'anneau supérieur est déjà ouvert sur sa face antérieure avant sa rencontre avec l'inférieur 8 ; quelquefois même cet anneau ou tube supérieur est ouvert en avant dès son point de séparation du corps vasculaire du rachis générateur. Ce dernier cas se présente surtout dans les organes affaiblis.

Vers son entrée dans le pétiole secondaire, ce système vasculaire, à section transversale en 8, se partage en quatre faisceaux ; mais la division ne s'effectue pas partout identiquement de la même manière. Dans l'*Alsophila aculeata*, le col du 8 s'ouvrait longitudinalement, en sens contraire de l'union des deux anneaux formant le 8, de sorte qu'il était produit comme ceci 8, ou gouttière profonde, contractée sur les côtés dans sa partie moyenne ; puis une scission se faisait de chaque côté un peu au-dessous de la partie contractée 8. Il y avait alors trois faisceaux sur la coupe transversale, un de chaque côté, courbé en dedans, et un dorsal courbé en avant à chaque extrémité. Ensuite, ce faisceau dorsal se partageait en deux, ce qui élevait à quatre le nombre des faisceaux du pétiole secondaire ○ (*Cyathea arborea*, *Hemitelia speciosa*).

Ailleurs, l'apparition des quatre faisceaux était un peu différente. Le 8 se coupait d'abord au-dessous de la gorge 8, et un peu plus tard, ou à peu près en même temps, le faisceau dorsal qui en résultait se fendait en deux 8. Il y avait donc dans ce cas trois faisceaux : deux dorsaux et un supérieur en gouttière avec

appendice dorsal ; puis la gouttière supérieure se fendant longitudinalement, on obtenait les quatre faisceaux du pétiole secondaire  (*Hemitelia horrida*).

Dans le *Cyathea medullaris*, la production des quatre faisceaux est souvent moins symétrique, quoique dans quelques cas elle ait lieu par la modification régulière du 8, présentée par la figure ci-jointe ; mais très-fréquemment elle est sans symétrie au début. L'anneau supérieur s'ouvre d'abord à la face antérieure, d'ordinaire avant son union à l'anneau ou tube postérieur . Puis cette union a lieu parfois régulièrement 8 ; mais dans des cas nombreux, l'anneau inférieur s'ouvre avant son union avec le supérieur, et il le fait un peu latéralement  (vers le côté droit, si c'est une ramification de gauche que l'on a sous les yeux ; vers le côté gauche , si c'est une ramification de droite). Ensuite il s'unit à l'anneau supérieur, tout en s'ouvrant par le dos, ce qui donne une figure que rappelle celle-ci . Après cela, la moitié du faisceau dorsal unie au faisceau supérieur s'isole à son tour, ce qui donne la figure ci-contre , dans laquelle le faisceau supérieur conserve la forme d'une gouttière. Enfin cette gouttière se fend longitudinalement, ce qui produit les quatre faisceaux du pétiole secondaire . Le lecteur doit comprendre que, par ces petites figures, je ne veux indiquer ici que les positions relatives de ces faisceaux, et seulement approximativement.

Comme on le voit, les rachis secondaires parfaits possèdent quatre faisceaux comme les rachis primaires, mais ils sont plus faibles; et dans les deux ordres d'organes ou de rachis ils se comportent d'une façon tout à fait analogue. Aussi les rameaux tertiaires sont-ils produits par les rameaux secondaires, par le même mode que ceux-ci le sont par le pétiole primaire, c'est-à-dire par l'émission d'un fascicule par chacun des deux faisceaux d'un même côté, lesquels fascicules s'assemblent pour former le corps vasculaire du pétiolule ou rameau ou nervure tertiaire ; mais, on le conçoit, ces rameaux vasculaires de troisième ordre sont toujours fort réduits, souvent à cette forme  avant

l'union des deux faisceaux, dans le *Cyathea medullaris*, et à celle-ci ⍦ , après leur union ; quelquefois pourtant à celle d'un ☋ ouvert au sommet dans l'*Hemitelia speciosa*.

J'ai observé dans quelques cas que le rameau inférieur d'une branche secondaire était produit par le seul faisceau supérieur correspondant, sans le concours du faisceau inférieur ou dorsal, tandis que les rameaux tertiaires qui venaient au-dessus recevaient un fascicule de chacun de ces deux faisceaux, selon la coutume.

Les quatre faisceaux des pétioles secondaires, après s'être disposés deux à deux comme il vient d'être exprimé, s'unissent, en montant, à la façon de ceux du pétiole primaire, et, s'affaiblissant de bas en haut, ils reproduisent les formes que j'ai signalées ci-dessus pour la terminaison des rachis primaires.

LA

FLORE MIOCÈNE DU SPITZBERG

Par M. le professeur Oswald HEER.

(Communication lue à la Société helvétique des sciences naturelles, réunie le 23 août 1869 à Soleure.)

Pendant l'été de 1868, MM. Malmgren, Nordenskiöld et Nauckhoff, membres de l'expédition suédoise envoyée au pôle Nord, ont recueilli dans l'île des Ours et au Spitzberg une très-grande quantité de plantes fossiles, qui m'ont été envoyées en communication et dont l'étude m'a été confiée. Ces plantes appartiennent à deux époques bien différentes, à l'époque carbonifère et à l'époque miocène, séparées par une période immense; leur découverte vient jeter un nouveau jour sur la flore de chacune de ces deux formations. Je me bornerai, pour le moment, à donner quelques détails sur la flore *miocène* du Spitzberg.

On comprend sous le nom de Spitzberg un archipel situé entre 77° et 80° 30′ de latitude nord, dont l'accès est très-difficile. A l'est, la plus grande partie des côtes est toujours couverte par les glaces, et l'intérieur des terres est occupé par des glaciers immenses, du milieu desquels s'élèvent des pics hauts de 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer. En revanche sur la côte ouest, la mer, tempérée par le Gulfstream, reste libre pendant une grande partie de l'année. Des fjords nombreux s'enfoncent profondément dans les terres; les glaciers arrivent jusque sur leurs rivages et précipitent constamment dans les eaux d'énormes montagnes de glace. Tel est le cas pour le fjord nommé Kingsbai (79° lat. N.); il est entouré de glaciers immenses au-dessus desquels s'élancent dans les airs des pics gigantesques de glace. Les fjords, qui portent le nom d'Eisfjord et de Bellsund, sont entourés au nord par des

glaciers semblables, tandis que vers le sud, la neige fond en été sur leurs rivages et la terre se couvre d'un tapis de plantes alpines. Le long de ces deux fjords se trouvent des rochers formés d'un grès grisâtre qui ressemble beaucoup à la molasse ; ils renferment des dépôts de lignites assez importants. Parmi les végétaux dont ils nous ont conservé les débris, on compte vingt-trois espèces de plantes qui se trouvent également dans la formation miocène inférieure de l'Europe, et nous indiquent ainsi à quel âge il faut faire remonter le dépôt de ces grès.

Un autre gisement de plantes fossiles, de beaucoup le plus important, est situé à l'extrémité sud-ouest d'Eisfjord, par 78° de latitude nord. Là s'élève un promontoire, nommé cap Starastschin par M. Nordenskiöld. Le savant professeur a voulu par là rappeler le souvenir d'un homme extraordinaire, d'un Russe, chasseur de Rennes, qui a passé quinze ans sans interruption au Spitzberg. D'après les calculs de M. Grove, consul anglais à Hammerfest, il doit avoir passé en tout trente-neuf hivers dans ces régions inhospitalières. Cet homme semble avoir voulu donner par là un démenti formel à M. le docteur Mohr, qui, il n'y a pas longtemps encore, prétendait qu'aucun homme ne pouvait hiverner au Spitzberg, et que tous les essais qui avaient été faits s'étaient terminés d'une manière fatale. Les pêcheurs de baleine norwégiens qui visitaient chaque année ce Robinson arctique parlent de lui comme d'un petit vieillard à cheveux blancs, à l'esprit allègre, qui passait bien son temps pendant sa vie solitaire au milieu des glaciers, et qui probablement dormait comme une marmotte pendant une bonne partie de la nuit d'hiver qui, à ces latitudes, dure pendant quatre mois. En été, le cap de Starastschin et les rives du golfe qui l'avoisine se couvrent d'un tapis de verdure où viennent paître de nombreux troupeaux de Rennes. Dans cette localité, les grès miocènes dont j'ai parlé sont recouverts de schistes noirs au-dessus desquels se trouvent des lignites. Les plantes renfermées dans le grès proprement dit sont mal conservées : son grain est trop grossier et il ne se divise pas d'une manière favorable. En revanche, dans les schistes noirs, qui se débitent facilement en minces feuillets,

les parties les plus délicates des plantes se sont parfaitement conservées, seulement elles ne ressortent pas très-facilement sur la surface noire. On ne peut obtenir de grandes pièces, à cause de la friabilité de la pierre, qui primitivement, sans nul doute, se trouvait être une argile très-fine, entièrement imprégnée de matières charbonneuses; elle passe insensiblement aux lignites.

M. Nordenskiöld et ses compagnons ont rapporté du cap Starastschin environ 1000 échantillons de plantes fossiles, parmi lesquelles j'ai reconnu 116 espèces. Le gisement du fjord Kingsbai (79° latitude) est beaucoup plus pauvre en espèces; les 500 échantillons qui en ont été rapportés appartiennent à 16 espèces seulement; une espèce d'*Equisetum* (*Eq. arcticum*) très-voisine de notre *Equisetum limosum*, y est en particulier très-abondante. Ce fait indique qu'il y avait là un marais entièrement rempli de Prêles, comme nous en voyons un si grand nombre de nos jours.

Le total des espèces trouvées dans les divers gisements miocènes du Spitzberg se monte à 131 (1), dont 123 sont des plantes phanérogames et 8 des plantes cryptogames. Ces dernières appartiennent à divers genres de Champignons, de Mousses, d'Algues, de Fougères et d'Équisétacées.

Parmi les plantes phanérogames, on trouve 26 espèces de Conifères et 31 espèces de plantes monocotylédones. Le nombre des Conifères est remarquablement élevé. En effet, l'Allemagne et la Suisse n'en possèdent ensemble que 15, et le nombre de celles qui se trouvent dans l'Europe centrale est loin d'égaler aujourd'hui celui des espèces miocènes du Spitzberg. Parmi ces 26 Conifères, 5 appartiennent à la famille des Cupressinées, 5 aux Taxinées, 1 aux Ephédrinées et 17 aux Abiétinées : trois de ces dernières sont encore mal connues.

Entre les Cupressinées, il faut citer en première ligne deux autres, le *Taxodium distichum* et le *Libocedrus Sabiniana* Heer;

(1) Ces espèces sont décrites et figurées dans un mémoire spécial sur la Flore miocène du Spitzberg, qui paraîtra dans les *Mémoires de l'Académie des sciences de Stockholm*.

elles sont représentées chacune par un grand nombre d'exemplaires. Les rameaux élégants du *Taxodium* sont en particulier très-abondants et parfaitement conservés, ils portent encore des chatons mâles et femelles ; les cônes parvenus à maturité n'ont pas, à la vérité, conservé leur forme, mais leurs écailles et les graines qu'elles protégeaient sont si bien conservées, qu'il nous a été possible d'établir, par une comparaison minutieuse, que le *Taxodium* miocène du Spitzberg est identique dans tous ses organes avec le *Taxodium distichum :* ce dernier ne se trouve plus maintenant qu'en Amérique, en particulier dans la Géorgie, la Caroline du Sud et la Louisiane, où il est abondant et peuple les marécages. Le *Libocedrus Sabiniana* est une espèce perdue très-élégante ; elle est voisine d'une espèce du même genre qui se trouve sur les montagnes du Chili ; ses rameaux sont toujours opposés et ses graines sont bordées d'une aile oblique. Cette plante, ainsi qu'une autre, plus rare, le *Libocedrus gracilis* Heer, provient de l'Eisfjord. Une troisième, qui appartient à un genre voisin, le *Thuites Ehrenswardi*, a été rencontrée dans la Kingsbai, et arrivait donc jusqu'au 79e de latitude nord.

Les Abiétinées présentent une très-grande variété de formes. Leurs espèces appartiennent, soit aux genres *Pinus* et *Abies*, les seuls qui existent actuellement dans le nord de l'Europe, soit au genre *Sequoia.* Le *Sequoia Langsdorfii*, généralement répandu à l'époque miocène, et abondant en particulier dans le Groenland septentrional, manque au Spitzberg ; il s'y trouvait remplacé par une espèce nouvelle, le *Sequoia Nordenskioldi* Heer, qui s'en distingue par ses rameaux, ses feuilles, ses cônes et ses graines. Cet arbre était très-abondant au Spitzberg, autant que le *Taxodium distichum*, et nous pouvons nous le représenter exactement, grâce à l'état de conservation parfaite de ses débris fossiles. Les Pins sont singulièrement nombreux : sauf les Cèdres et les Mélèzes, nous retrouvons tous les types principaux de ce grand genre. Deux espèces appartiennent au type à aiguilles ; l'une d'entre elles est identique avec le *Pinus montana* Mill., l'autre n'existe qu'à l'état fossile. Parmi

les espèces à aiguilles disposées par trois, nous avons reconnu le *Pinus cycloptera* Sap.; le *Pinus stenoptera* et le *Pinus macrosperma* ont leurs aiguilles réunies cinq par cinq.

Le groupe des Sapins (*Abies*) est représenté par trois espèces, et parmi celles-ci il faut citer notre Sapin rouge (*Abies pectinata* DC.), dont nous avons trouvé les graines, les aiguilles et une des écailles d'un cône; les deux autres espèces sont éteintes : l'une a de petits cônes et des graines fines, comme l'*Abies alba;* l'autre, l'*A. Loveni* Heer, a des cônes volumineux et de grosses graines. Mentionnons encore l'*A. Dicksoniana* et l'*A. Malmgreni*, dont nous possédons les graines fines et les gracieuses petites feuilles; il faut ajouter enfin deux espèces de Sapins blancs, représentés par des graines et des aiguilles.

A côté de ces Conifères de formes bien connues, nous trouvons un type tout à fait particulier, qui doit probablement être rattaché à la famille des Taxinées; il rappelle d'un côté le *Gingko* du Japon, et de l'autre il paraît se rapprocher du genre *Podocarpus*. J'ai pu en distinguer deux espèces, que j'ai décrites sous les noms de *Torellia rigida* et de *Torellia bifida*.

Les diverses espèces de Conifères que je viens d'énumérer sont représentées en grande partie par des graines, des aiguilles ou des feuilles; plusieurs m'ont offert aussi des fruits et des fleurs, de sorte que leur détermination peut être regardée comme certaine.

Les données que nous possédons sur les Monocotylédones sont, en revanche, bien moins complètes; aussi quelques espèces paraissent encore un peu douteuses. Nous avons à énumérer un *Cyperus* avec des fleurs en panicule et de petits épillets; un grand Roseau ou Iris à larges feuilles et à tiges rameuses (*Iris latifolia* Heer); un Potamogéton (*P. Nordenskioldi* Heer), dont les feuilles ovales flottaient sur l'eau; un *Naïas*, un *Sparganium* à fruits sphériques, enfin les fruits de six espèces de *Carex*.

Parmi les arbres feuillus, il faut citer en première ligne les Peupliers, à cause de leur abondance : le *Populus Richardsoni* ainsi que le *Populus arctica* sont répandus sur toute la zone arc-

tique, et se trouvent au Spitzberg jusqu'à la Kingsbai. Ces deux arbres appartiennent exclusivement à cette zone, tandis que le *Populus Zaddachi* se retrouve encore dans les couches miocènes de Samland, près de Kœnigsberg, comme aussi à Alaska. Les Bétulinées sont représentées par deux espèces de Bouleau très répandues ailleurs, *B. prisca* et *B. macrophylla*, et par une espèce d'Aulne. Les Cupulifères comptent une espèce de Hêtre et trois espèces de Chênes, dont deux (*Quercus groenlandica* et *Quercus platania* Heer) se distinguent par leurs grandes feuilles et devaient faire l'ornement des forêts du Spitzberg. Mentionnons encore un Platane (*Pl. aceroides* Gœppert), et un Tilleul à grandes feuilles (*Tilia Malmgreni*), qui a de l'analogie avec certaines espèces de l'Amérique du Nord; un Sorbier (*Sorbus grandifolia*), qui ressemble au *Sorbus Aria* de nos montagnes; et un Noyer, dont la noix rappelle celle du *Juglans alba* de l'Amérique du Nord. Il ne manquait pas d'arbrisseaux dans la flore du Spitzberg. Nous avons à citer une espèce de *Corylus*, deux espèces de *Viburnum*, un *Nyssa*, un *Rhamnus*, un *Paliurus*, un *Prunus*, un *Cratægus*, un *Andromeda*, et un Lierre.

Parmi les plantes dicotylédones herbacées, il nous reste à nommer une espèce de *Polygonum* (*Polygonum Ottersianum* Heer), un *Salsola* et deux Synanthérées; puis deux Nénuphars, dont nous possédons les rhizomes, les feuilles et les fruits.

Toutes les espèces indiquées ci-dessus ont leurs analogues dans la nature actuelle; mais les dernières découvertes dont je viens de rendre compte, ont encore fait connaître plusieurs végétaux qui paraissent appartenir à des genres inconnus jusqu'ici, et dont la place est encore incertaine. Nous avons déjà mentionné le genre *Torellia;* il faut citer encore le genre *Nordenskioldia*, dont nous ne connaissons point encore les analogies.

Jetons maintenant un coup d'œil général sur l'ensemble de cette flore, dont nous venons d'énumérer les éléments. Tous ces divers végétaux ont vécu sur place, soit dans des marais, soit sur la terre ferme; les couches qui les renferment ont été formées dans un bassin d'eau douce, car rien ne peut nous faire

supposer que ces amas de débris végétaux aient pu être amenés sur ce rivage par les flots la mer miocène. Il y avait très-probablement au Spitzberg un lac d'eau douce dont les rivages étaient marécageux : les *Naïas*, les *Sparganium*, prospéraient dans ses eaux ; les Nénuphars, les Potamogétons, flottaient à sa surface ; les Roseaux, les Carex, les Iris, occupaient le marécage, abrités par une forêt de grands arbres, tels que des Pins, des Sapins, des Peupliers, des Bouleaux, des Aulnes, mais surtout par le Cyprès des marais (*Taxodium distichum*) ; car, de tous les arbres connus, c'est celui qui peut vivre le mieux dans la vase la plus profonde. L'association du *Sequoia Nordenskioldi*, du *Libocedrus Sabiana* et du *Taxodium* permet de supposer que les deux premiers arbres prospéraient aussi dans les marais.

Parmi les autres arbres que nous avons énumérés, il en est quelques-uns, tels que la plupart des Pins, les Platanes, les Chênes, les Tilleuls, les Hêtres, les Noyers, etc., qui aiment au contraire un terrain sec ; aussi croissaient-ils probablement sur des coteaux ou sur des montagnes non loin des bords du lac. On peut l'affirmer avec beaucoup de certitude, relativement aux Pins ; car, parmi les débris des diverses espèces appartenant à ce genre, et qui nous ont été conservés, nous ne trouvons ni rameaux ni cônes complets, mais seulement des aiguilles, des écailles isolées et des graines ailées. Nous pouvons du moins conjecturer encore qu'à l'époque où se déposèrent les schistes noirs, aucun fleuve ne venait se jeter dans le lac ou dans le marécage ; les objets venus des bords voisins ou amenés par le vent furent seuls ensevelis peu à peu dans le limon qui s'accumulait ainsi lentement et régulièrement. Il vint ensuite un temps favorable à la formation de la tourbe ; nous le savons par la présence des lignites qui recouvrent les schistes noirs et qui sont dus à la fossilisation de ces lignites.

Les conclusions que nous pouvons tirer de la flore, relativement à l'état du sol, sont corroborées par les documents que nous fournissent les insectes, dont nous avons trouvé 23 espèces parmi les débris des plantes ; toutes, sauf trois, appartiennent

aux Coléoptères, dont aucune espèce n'a jusqu'ici été trouvée vivante au Spitzberg. Deux de ces Coléoptères étaient aquatiques, deux autres vivaient probablement sur des plantes de marais; parmi les autres nous devons signaler deux grandes espèces de Taupins qui, sans doute, provenaient de la forêt.

L'étude que nous venons de faire de la flore et de la faune miocène du Spitzberg nous prouve jusqu'à l'évidence combien grandes ont été les modifications climatériques survenues dans cet archipel depuis cette époque. Notre but n'est pas de les énumérer ici, ni d'en rechercher les causes. Mentionnons un seul fait : jusqu'à l'année dernière on ne connaissait que 93 espèces appartenant à la flore actuelle du Spitzberg, et cependant il y a près de cent ans qu'on y recueille des plantes ; l'expédition suédoise, à laquelle étaient adjoints plusieurs botanistes, n'a pu ajouter à ce chiffre qu'un petit nombre de nouvelles espèces, qui toutes ont un caractère essentiellement alpin ; en Suisse, il faut atteindre une hauteur de 8000 à 9000 pieds pour rencontrer une flore analogue. Par contre, les couches miocènes, à peine fouillées, nous ont déjà fourni 131 espèces de plantes, et cette flore correspond à celle de la plaine dans le nord de la Suisse (1).

Parmi les autres conclusions intéressantes que nous pourrions tirer de la flore miocène du Spitzberg, il en est une sur laquelle je veux m'arrêter, parce qu'elle se rattache à la grande question de l'origine des espèces. On est assez généralement d'accord maintenant pour admettre que chaque espèce de végétal provient d'un centre unique, d'où elle a rayonné pendant le cours

(1) Dans un article des *Mittheilungen* du docteur Petermann, intitulé : *Ergebnisse der ersten deutschen Nordfahrt*, 1868, p. 213, nous trouvons la phrase suivante : « Le Spitzberg était une île couverte de Palmiers, où les dattes pouvaient mûrir, et la côte nord de la Sibérie se couvrait de prairies où paissait le Mammouth. » Ces quelques mots renferment deux graves erreurs. En effet, à l'époque miocène il n'y avait de Palmiers ni au Spitzberg ni dans toute la zone arctique, et en second lieu chacun sait que le Mammouth appartient à l'époque quaternaire, pendant laquelle les Palmiers avaient disparu, non-seulement des contrées septentrionales, mais encore de toute l'Europe centrale : lorsque le Mammouth paissait en Sibérie, la flore du Spitzberg avait probablement déjà son caractère arctique, et aucune espèce de Palmiers ne croissait plus en Europe.

des siècles. Or, le Spitzberg paraît avoir été le foyer de dissémination du Sapin rouge (*Abies pectinata*), du *Pinus montana*, et du *Taxodium distichum*. En effet, nous avons vu que ces trois arbres existaient déjà au Spitzberg à l'époque miocène inférieure ; les deux premiers n'ont pas vécu en Europe pendant toute l'époque tertiaire, nous les chercherions en vain parmi toutes les plantes actuellement connues des dépôts miocènes de l'Europe ; ils ne se trouvent pas même parmi celles des dépôts miocènes de Samland, sur les côtes septentrionales de l'Allemagne (1). En revanche, on trouve en abondance dans ce dernier gisement le *Pinus Laricio;* cette espèce, répandue à notre époque dans le sud de l'Europe, arrivait donc alors jusqu'à l'extrême frontière septentrionale de l'Allemagne, en même temps que le Sapin et le *Pinus montana* prospéraient au Spitzberg. A l'époque diluvienne, le *Pinus Laricio* disparaît du nord de l'Allemagne et se trouve rejeté vers le midi, tandis que le Sapin et le *Pinus montana* s'avancent jusque dans l'Europe centrale. Nous trouvons ces derniers dans tous nos lignites schisteux, à Uznach, à Dürnten, à Wetzikon, à Morschweil, etc.; ils se rencontrent également sur les rives du Norfolk (dans le Forestbed); nous les avons également reconnus dans les palafittes. Plus tard, le *Pinus montana* s'est retiré sur les montagnes, tandis que le Sapin est actuellement l'espèce la plus abondante de toutes nos Conifères. Ces deux espèces ont totalement disparu de leur patrie primitive depuis l'époque miocène, mais, en revanche, elles en ont trouvé une nouvelle en Europe et en Asie. Leur limite extrême du côté du nord se trouve actuellement à 10° de latitude plus au sud que la Kingsbai, et, à coup sûr, cette dernière localité n'était pas même alors leur limite septentrionale, car elles s'y rencontrent associées à des plantes qui annoncent une température plus méridionale que celle qu'elles peuvent supporter.

Quant au *Taxodium distichum*, sa limite septentrionale se trouvait probablement à l'époque miocène vers l'Eisfjord, mais

(1) Voyez *Flore miocène des côtes de la Baltique*, par O. Heer, p. 45, 24-26.

il était répandu dans toute la zone arctique au-dessous de cette latitude. Je l'ai reçu du Groenland et du pays d'Alaska; il était également répandu dans toute l'Europe; on le retrouve même en Asie. A l'époque quaternaire, il a disparu non-seulement de la zone arctique, mais encore de l'Europe et de l'Asie; actuellement on ne le trouve plus qu'en Amérique, où il s'étend depuis la Delaware jusqu'à Mexico. Nous avons donc là un type essentiellement américain, dont les premières traces doivent être cherchées dans la zone arctique, où se trouvait probablement son premier centre de dissémination.

Les quelques faits que nous venons de citer sont de nature à nous prouver que chaque espèce végétale a sa propre histoire, et que chaque jour voit s'accroître le nombre de documents qui peuvent nous donner des notions précises sur leur développement et leur dissémination.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LA

VÉGÉTATION LIBRE DU POLLEN ET DE L'OVULE

ET SUR LA FÉCONDATION DIRECTE DES PLANTES,

Par M. Ph. VAN TIEGHEM.

Dans la série de recherches dont on expose ici les premiers résultats, on isole d'abord le pollen et l'ovule dans le monde extérieur, pour arriver à connaître les circonstances nécessaires à leur développement indépendant ; on réunit ensuite ces deux corps sous les conditions de milieu ainsi déterminées, pour étudier l'action du premier sur le second.

I

Végétation libre du pollen.

On sait qu'une fois échappé de l'anthère, si le grain de pollen est amené par une cause quelconque sur le stigmate frais, il y émet un tube qui s'allonge dans le canal du style, descend dans la cavité ovarienne, et vient mettre son extrémité inférieure en contact avec le sac embryonnaire d'un ovule qu'il féconde. Pour certains auteurs, cette formation du tube pollinique serait due à une simple extension physique de la membrane interne du grain provoquée par l'endosmose du liquide qui baigne le stigmate. D'autres, invoquant le prodigieux allongement de ce tube, qui peut atteindre, sans que sa membrane s'amincisse, plusieurs milliers de fois le diamètre de la cellule primitive, y voient au contraire un phénomène de nutrition ; mais ils n'en donnent pas de preuve directe, et l'on trouvera peut-être qu'il est peu légitime de déduire la nature d'un phénomène de son intensité.

Il faut donc recourir à l'expérience pour décider la question. Et comme dans les circonstances naturelles le phénomène in-

connu s'opère dans un milieu vivant, et s'y superpose à d'autres phénomènes qui le masquent, on voit qu'il est de toute nécessité de l'isoler d'abord en déterminant la production du tube pollinique dans un milieu minéral artificiel, et en recherchant à quelles conditions elle s'accomplit. Aussi bien ces expériences, en même temps qu'elles nous apprendront comment les choses se passent sur le pistil, viendront éclairer une autre face de la question qui peut se présenter ainsi : Sur l'énorme quantité de grains de pollen qui s'échappent des étamines d'une fleur, quelques-uns seulement parviennent en définitive sur le stigmate, et y effectuent leur développement ; que deviennent tous les autres, abandonnés à eux-mêmes dans le monde extérieur ?

Prenons donc le pollen à partir du moment où l'anthère s'ouvre pour le laisser échapper, et suivons-le aussi loin que possible (1).

Recueillons les grains encore gonflés au moment même de la déhiscence de l'anthère, et plaçons-les d'abord dans une atmosphère limitée à une température d'environ 20 degrés. Nous verrons qu'ils absorbent rapidement l'oxygène de l'air, et qu'ils le remplacent par un volume sensiblement égal d'acide carbonique. Ils respirent donc activement, et nul doute que l'énergique combustion dont il est bien connu que les étamines sont le siége dans le temps qui précède leur déhiscence, ainsi que le développement considérable de chaleur qui en résulte, ne proviennent, pour la plus grande partie, de la somme des actions individuelles des grains de pollen que ces étamines renferment. L'activité respiratoire du pollen diminue d'ailleurs rapidement à mesure qu'il se dessèche ; mais elle se maintient ensuite pendant longtemps avec une faible intensité. Enfin, pour un état donné du grain, l'intensité de sa respiration décroît avec la température.

Ainsi se comportent les grains de pollen libres exposés à l'air

(1) Ces recherches ont porté sur un grand nombre de plantes, parmi lesquelles je me borne à citer les *Narcissus pseudo-Narcissus*, *Fritillaria imperialis*, *Salix capræa*, *Primula sinensis*, *Viola odorata*, *Cannabis sativa*, *Ricinus communis*, *Nymphæa alba*, etc.

sec ; ils peuvent d'ailleurs y séjourner longtemps, sans perdre la faculté de développer un tube quand on les placera dans les conditions favorables.

Voyons maintenant comment les choses se passent, quand on soumet le pollen à l'influence de l'eau.

Il faut d'abord débarrasser la question d'une erreur généralement accréditée depuis les observations de Bernard de Jussieu (1739) et de Needham (1743). Le grain de pollen crève dans l'eau, dit-on, et c'est même par cette action destructive de l'eau que l'on explique la coulure des fruits sous l'influence des pluies prolongées. Or, s'il est vrai qu'un certain nombre de grains de pollen éclatent dans l'eau, ce dont nous chercherons les causes dans notre mémoire, il s'en faut de beaucoup que ce soit là un fait général. Les grains de pollen d'un très-grand nombre de plantes, et notamment de celles qui sont citées plus haut, loin de faire explosion dans l'eau pure, y produisent au contraire des tubes extrêmement longs aux conditions que nous allons déterminer (1).

Sous l'eau privée d'air, et malgré une température favorable, le pollen de ces plantes se gonfle d'abord, puis il se conserve indéfiniment inaltéré.

Même résultat négatif, si l'on soumet le pollen dans l'eau aérée à une température voisine de 0 degré.

Ainsi donc, deux quelconques de ces trois conditions sans la troisième, l'air et la chaleur sans eau, l'eau et la chaleur sans oxygène, l'eau et l'air sans chaleur, sont impuissantes à provoquer la formation du tube pollinique.

Réunissons-les, au contraire, toutes les trois autour de la cellule, c'est-à-dire plaçons le pollen dans de l'eau aérée, à une température favorable qui dépendra de la nature de la plante, mais qui pourra être en général de 15 à 25 degrés. Nous

(1) Il y a même des grains, ceux du Ricin, par exemple, qui n'éclatent pas dans l'eau pure, et qui crèvent, au moins en grand nombre, dans une solution épaisse de gomme arabique. Ce fait montre que l'explication ordinaire de la rupture, basée sur l'irruption violente du liquide externe due à sa faible densité relative, ne s'applique pas à tous les cas.

verrons le grain former sous l'eau, au bout de quelques heures, un magnifique tube non cloisonné, ordinairement simple, assez souvent tortillé en spirale, où la circulation du protoplasma s'opère avec une admirable netteté, et qui atteint dans certains cas jusqu'à deux cents et trois cents fois le diamètre de la cellule primitive avant de cesser de s'allonger (1). Ce moment venu, l'extrémité du tube se renfle : tantôt elle prend la forme d'une sphère ou d'une poire d'un diamètre égal ou même trois à quatre fois supérieur à celui du grain, et où le protoplasma, qui se concentre toujours dans l'extrémité jeune du tube, tandis que le reste ne contient qu'un liquide hyalin, s'accumule en définitive en gros granules azotés ; tantôt elle s'aplatit perpendiculairement à la direction du tube, en formant une sorte de pied ou de marteau ; quelquefois même les deux branches s'allongent, et le tube se termine par une sorte d'Y. Il ne m'a point paru que cette extrémité du tube ainsi transformée fût séparée du reste par une cloison transversale. Cela fait, il n'est pas rare de voir la membrane se percer au sommet de ce renflement terminal, tantôt en un seul point, par où s'échappe la plus grande partie du plasma sous forme d'une grosse goutte ou d'une larme, tantôt en plusieurs points, par chacun desquels est exsudée une petite gouttelette. Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans les détails des variations que présente, suivant les plantes, ce développement du tube pollinique dans l'eau aérée.

En même temps que le tube s'allonge ainsi dans le liquide, l'analyse de l'atmosphère ambiante montre que l'oxygène y disparaît rapidement, et qu'il est remplacé par un volume sensiblement égal d'acide carbonique. Cette combustion porte principalement sur l'huile et sur l'amidon que la cellule tenait en réserve ; ces grains amylacés disparaissent à mesure que le tube se forme, et le sucre qui en résulte alimente la respiration.

Le point capital de ces expériences, c'est-à-dire la nécessité

(1) M. Hugo Mohl, dans son beau mémoire sur le pollen, dit : « Parmi les espèces que j'ai examinées, c'est le pollen du *Morina persica* qui a produit dans l'eau les plus longs tubes, et ces tubes n'avaient qu'une fois et demie la longueur du grain. » (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, 1835, t. III, p. 169.)

de l'oxygène et son absorption par le tube en voie de développement, se révèle d'ailleurs nettement par une expérience synthétique fort simple. Posons une goutte d'eau ordinaire sur une lame de verre, saupoudrons-la de pollen, recouvrons-la avec précaution d'une lamelle ; plaçons le tout dans une atmosphère humide à une température convenable, et explorons d'heure en heure au microscope les diverses régions de la préparation. Dans ces conditions, tous les grains situés dans la zone périphérique de la lamelle donnent de magnifiques tubes, tandis que ceux de la région centrale, qui, dans les premiers instants, absorbent tout l'oxygène dissous, et qui n'en peuvent plus recevoir du dehors, puisque ce gaz est arrêté au passage et absorbé par les périphériques, demeurent indéfiniment inaltérés. Enlevons la lamelle qui recouvre la goutte d'eau, et l'accès de l'air leur étant rendu, ils se développeront à leur tour.

Ainsi donc les conditions de milieu nécessaires et suffisantes pour la production du tube pollinique, c'est-à-dire l'eau, l'oxygène et une température favorable, sont les mêmes que pour la germination d'une graine ou d'une spore, et, sous ces conditions, le phénomène s'accomplit de la même manière. Le grain de pollen se comporte physiologiquement ; il germe, comme une spore de Mousse ou de Fougère, dont il partage déjà la structure et le mode de formation. L'apport du pollen sur le stigmate est un ensemencement. Le tube pollinique est une plantule qui respire, se nourrit et se développe, et que l'on peut comparer à un prothalle mâle dépourvu de chlorophylle, comme est le prothalle des Isoëtes et des Ophioglosses. Ce prothalle paraît être normalement monocellulaire chez les Angiospermes ; mais les travaux de Schacht et de M. Hofmeister nous ont appris que, chez les Gymnospermes, il est pluricellulaire à ses deux extrémités.

Quel que soit le lieu de l'espace où le hasard l'amène, partout où le grain de pollen, avant d'avoir perdu, par une respiration trop prolongée à l'état sec, sa faculté germinative, trouvera à la fois de l'eau, de l'air et de la chaleur, il germera et formera une plantule éphémère, dont la forme et le degré de développe-

ment dépendront des qualités nutritives du milieu. Tel est le sort réservé aux grains de pollen qui ne tombent pas sur le stigmate.

On comprend maintenant, et l'expérience en donne la preuve directe, quel est le rôle nuisible de l'eau, quand elle vient baigner la fleur au moment de l'épanouissement. Loin de détruire les grains de pollen, l'eau leur offre, partout où ils se trouvent, même à ceux qui ont pu déjà être disposés sur le stigmate, un milieu favorable, parfois beaucoup plus favorable que le stigmate lui-même, à leurs premiers développements. Les tubes se forment donc et se dirigent dans l'eau en dehors du pistil, et les ovules ne peuvent être fécondés. Forcer ainsi les grains à produire dans le milieu extérieur des plantules éphémères, à y épuiser inutilement leur force végétative, n'est-ce pas d'ailleurs le plus sûr moyen de les détruire (1) ?

Ceci nous amène à nous poser la question suivante : La durée du tube pollinique, quand il se développe ainsi en dehors du pistil, est-elle nécessairement éphémère? Dans les conditions de milieu très-simples où nous avons pu nous contenter de nous placer, tant qu'il ne s'agissait que de rechercher les conditions générales nécessaires et suffisantes pour ses premiers développements, l'allongement du tube a bientôt atteint, il est vrai, une limite qu'il ne dépasse pas. Mais n'est-il pas possible maintenant, en modifiant le milieu sous ces conditions générales, de reculer cette limite et de prolonger la vie du tube pollinique, et jusqu'à quel point?

Remarquons d'abord que, dans les circonstances précédentes,

(1) Entre autres plantes, le *Narcissus pseudo-Narcissus* se prête bien à une expérience fort simple.

La fleur fraîchement épanouie étant assujettie dans la position verticale, on remplit d'eau le godet formé par le dédoublement des pièces du périanthe, de manière à immerger entièrement les étamines et le style. Une légère agitation des étamines suffit à faire tomber dans le liquide un grand nombre de grains de pollen. Après quelques heures, une goutte d'eau puisée dans le tube, et soumise à l'observation microscopique, montre de nombreux tubes polliniques tortillés, à divers états de développement. Aucune de ces plantules ne paraît toutefois venir se fixer sur le stigmate pour y continuer son allongement ; car cet organe, ainsi baigné de tous côtés par un liquide où nagent et se développent dans tous les sens une multitude de tubes, n'en introduit pas dans l'ovaire. Aucune des fleurs soumises à cette inondation interne n'a formé de fruit.

l'arrêt de développement du tube paraît déterminé par deux causes qu'il faut s'appliquer à éliminer.

1° L'eau ordinaire aérée suffit bien, en effet, aux premiers développements du grain de pollen qui s'accomplissent aux dépens des matériaux de réserve accumulés dans son protoplasma ; mais il n'en est pas moins vrai que ce liquide ne lui apporte pas d'aliments nouveaux en quantité suffisante. Si l'on veut prolonger la vie du tube, il convient donc d'ajouter à l'eau des substances appropriées et de qualité variable, suivant sa nature ; il faut le cultiver et le nourrir.

2° Une fois formés, les tubes polliniques sont bientôt assaillis par deux sortes d'ennemis : les infusoires d'une part, les Torulacées et le mycélium de diverses espèces de Mucédinées de l'autre. Avides d'oxygène comme les tubes, ces productions étrangères envahissent précisément la région du liquide qu'ils habitent ; une lutte pour la vie s'établit, et comme elles se multiplient avec une prodigieuse rapidité, elles les étouffent bientôt. On continue d'ailleurs à distinguer assez facilement les tubes polliniques parmi les filaments rameux, et souvent cloisonnés, des divers myceliums avec lesquels ils sont enchevêtres ; ces deux espèces d'organismes n'ont d'autre lien entre eux que leur antagonisme physiologique, et les sources d'où ils émanent sont toujours distinctes.

Les deux difficultés que nous venons de signaler sont connexes, et on les vaincra par le même moyen, c'est-à-dire en compliquant, en spécialisant le milieu artificiel, et en rapprochant sa constitution, autant que possible, pour un pollen donné, de la composition du milieu nutritif auquel ce pollen est destiné, c'est-à-dire du liquide sécrété par les papilles du pistil. Plus le milieu sera nutritif pour les grains de pollen, moins bien les êtres étrangers s'y trouveront à l'aise.

Ainsi, par exemple, dissolvons dans l'eau une petite quantité de bitartrate d'ammoniaque. La liqueur, ainsi rendue acide, est désormais impropre au développement des infusoires, et nous avons éliminé toute une classe d'ennemis, en même temps que nous avons fourni au tube pollinique un aliment carboné et azoté

qui lui manquait. Nous nous sommes aussi rapproché par là des conditions naturelles, car je me suis assuré, par l'étude d'un grand nombre de fleurs diverses, que le liquide sécrété par les papilles stigmatiques, stylaires et ovariennes, réalise précisément cette condition générale ; il est franchement acide, et c'est une des raisons qui expliquent pourquoi les infusoires n'envahissent pas le pistil en empruntant la voie et les aliments destinés aux tubes polliniques.

En ajoutant ensuite au liquide une petite quantité de cendres de levûre, nous donnerons au pollen les éléments minéraux qui lui sont nécessaires.

Mais ce ne sont encore là que les premiers pas. Ainsi modifié, notre milieu demeure merveilleusement propre au développement des Torulacées et des Mucédinées. Il faut le spécialiser davantage en y dissolvant une proportion convenable de substances nouvelles, du sucre par exemple, de la gomme, des essences, plus favorables au pollen qu'aux Mucédinées. C'est à cette formation difficile du milieu le mieux approprié au développement d'un certain nombre de pollens particuliers, car la même composition ne saurait leur convenir également à tous, que nous appliquons actuellement tous nos soins (1). Nos pre-

(1) Le mode de germination du pollen varie, pour une même plante, suivant la nature plus ou moins favorable du milieu où il s'opère. Sans entrer ici dans de grands détails à cet égard, je me bornerai à en citer deux exemples tirés du Ricin et de la Consoude.

Les grains de pollen du Ricin ne crèvent pas dans l'eau, mais ils y émettent bientôt des tubes ordinaires qui s'allongent beaucoup et ne renflent leurs sommets que lorsque leur allongement est terminé. Dans une solution de gomme arabique moyennement épaisse, les choses se passent autrement. D'abord un certain nombre de grains crèvent brusquement en émettant une sorte de fusée protoplasmique solide, tandis que dans l'eau aucun grain ne se brise. Ensuite les grains non rompus se développent différemment. Ils émettent d'abord un tube assez large muni de vacuoles protoplasmiques. Ce tube s'allonge assez peu, de six à dix fois le diamètre du grain, et puis il se termine par un renflement sphérique ou piriforme qui a plusieurs fois le volume du grain, et dont la cavité est continue avec celle du tube. Plus tard, et sans doute sous l'influence d'une plus grande humidité dans l'atmosphère ambiante, le sommet de ce renflement s'allonge de nouveau pour former un tube de même diamètre que le premier, et qui, après avoir acquis quelque longueur, renfle à son tour son extrémité en une sphère un peu plus grosse que la première. Quelque temps après, il se forme assez souvent, et de la

miers essais dans ce genre de culture nous portent à croire qu'en atteignant ce but, nous n'aurons fait que reculer cette limite sans la supprimer, que prolonger la vie du tube pollinique sans la rendre continue et indéfinie. Aussi les observations de M. Reisseck (1) et celles de M. Karsten (2), où ces auteurs déclarent avoir obtenu par le développement continu des grains de pollen dans des milieux végétaux, par exemple dans le parenchyme d'une Pomme de terre ou à l'intérieur des tiges creuses de *Caltha palustris* et de Dahlia, des mycéliums cloisonnés et rameux qui ont porté des fructifications de Botrytis, de Mucor, etc., nous paraissent-elles reposer sur une erreur manifeste que nous essayerons de mettre en évidence.

même manière, un troisième tube et un troisième renflement. La dernière sphère contient, sous sa voûte terminale, plusieurs vacuoles polyédriques séparées par de minces cloisons, et paraissant être des cellules filles nées par formation libre sous le sommet du tube. Les choses se passent alors comme M. Hofmeister les a décrites chez les Conifères ; mais ce point important nécessite de nouvelles recherches. Quoi qu'il en soit, on voit finalement la membrane du renflement se percer en autant de points qu'il y a de cellulettes, et par chaque point exsude une gouttelette ou larme protoplasmique, qui demeure quelque temps adhérente au sommet de la sphère par une sorte de petit pédicule.

Placé dans l'eau, le grain de pollen de la Consoude émet par l'un, et quelquefois par deux des pores de sa ceinture, un tube dont l'allongement est continu. Dans la gomme sirupeuse, il se comporte autrement. Par un pore s'échappe un tube d'abord protoplasmique, c'est-à-dire où la membrane de cellulose n'est pas encore sécrétée et distincte du protoplasma. Ce tube, après avoir atteint de deux à trois fois le diamètre du grain, forme à son extrémité un renflement ovoïde ou piriforme un peu plus grand que le grain, et qui se sépare de l'extrémité du tube par un étranglement. Ce corps est, comme le tube, formé d'une masse de protoplasma sans membrane distincte. Les choses en restent ensuite à cet état. Mais si l'on place dans l'eau ce corps terminal détaché, on le voit, dans des circonstances favorables, émettre à son sommet un tube pareil à celui que donne, dans les mêmes conditions, le grain de pollen primitif. Ce corps se comporte donc comme un grain de pollen secondaire.

Ce mode de germination avec formation d'un grain de pollen secondaire, quand les conditions de milieu ne sont pas assez favorables pour le développement continu du tube, fortifie singulièrement l'analogie du pollen avec les spores des Cryptogames.

(1) *Nova Acta*, 1844, t. XXI, p. 467.

(2) *Botan. Zeitung*, 1849, p. 36.

II

Végétation libre de l'ovule.

Ouvrons le pistil d'une fleur dans l'instant qui précède la déhiscence de ses anthères, détachons du placenta un certain nombre d'ovules, et voyons comment ils se comportent dans les diverses conditions du milieu extérieur.

Placés dans l'air sec, à la température ordinaire, les ovules absorbent dans les premiers instants l'oxygène de l'air, et dégagent un volume à peu près égal d'acide carbonique. Ils respirent donc, et il paraît certain que l'active combustion dont le pistil tout entier est le siége au moment de l'épanouissement, provient, pour la plus grande part, de la somme des actions individuelles des ovules qu'il renferme. Mais, ainsi abandonnés, les ovules se dessèchent bientôt et sans retour.

Dans l'eau privée d'air, les ovules perdent leur transparence, brunissent et meurent comme asphyxiés.

Dans l'eau aérée enfin, mais à une température voisine de zéro, ils ne respirent pas et s'altèrent.

Mais réunissons autour d'un ovule ces trois conditions ensemble ; plaçons-le dans l'eau aérée, ou mieux dans l'air très-humide à une température favorable, et nous le verrons se conserver vivant et actif pendant un certain temps. Il pourra même se développer quelque peu, en ce sens que si on l'a enlevé au pistil avant que le sac embryonnaire ait atteint tout son volume, et avant qu'il ait formé ses vésicules embryonnaires et ses cellules antipodes, on pourra trouver, après quelques heures, ce sac agrandi et ces vésicules et cellules développées.

En même temps que l'ovule se conserve vivant dans ces conditions, il respire d'une manière continue en absorbant de l'oxygène et dégageant de l'acide carbonique ; et il est certain que la plus grande part de ce phénomène respiratoire revient au sac embryonnaire, en qui se concentre en ce moment toute l'activité de l'ovule.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que les infusoires et les

Champignons inférieurs envahissent bientôt les ovules ainsi isolés, et que l'une des difficultés de ces recherches est de gêner et de retarder autant que possible l'apparition de ces êtres étrangers, sans nuire à l'ovule.

Ainsi, de même que la cellule mâle, mise spontanément en liberté par l'étamine qui l'a formée, et placée dans les conditions favorables que nous avons déterminées plus haut, germe, c'est-à-dire se nourrit, respire et se développe, de même l'ovule avec la cellule femelle qu'il renferme, arraché artificiellement au pistil, et placé dans les mêmes conditions favorables, se maintient vivant, c'est-à-dire se nourrit, respire et se développe. Mais la vie de ces deux éléments reproducteurs, maintenus de la sorte dans l'isolement, est éphémère et demeure sans but; même nourri, même protégé contre ses ennemis, autant du moins que ces deux conditions ont pu être remplies efficacement dans nos expériences, le tube pollinique s'arrête bientôt dans son développement, l'ovule périt, et tous deux sans retour.

III

Fécondation directe.

Introduisons au contraire la cellule femelle dans la sphère d'action de la cellule mâle, sous les conditions de milieu artificiel que nous venons de voir suffisantes à la vie éphémère de ces deux éléments lorsqu'ils sont isolés. Par exemple, car il y a plusieurs manières plus ou moins efficaces suivant les cas d'amener ce résultat, à une goutte de liquide nutritif tenant en suspension de nombreux tubes polliniques en pleine voie d'allongement, à ce qu'on peut appeler une goutte d'eau mâle, ajoutons une goutte d'eau contenant un certain nombre d'ovules libres et vivants, une goutte d'eau femelle, et suivons au microscope les développements ultérieurs.

Là où l'extrémité d'un tube pollinique en voie d'allongement rencontre un ovule, elle pénètre dans son micropyle soit directement, soit après s'être allongée d'abord en rampant à sa sur-

face. On cesse alors de l'apercevoir en général, mais l'étude anatomique de l'ovule, faite quelques heures après, vient compléter l'observation. Elle montre que l'extrémité du tube, après s'être insinuée entre les cellules du cône terminal du nucelle, est venue s'appuyer en se dilatant sur le sommet du sac embryonnaire, où elle s'est étalée en forme d'ampoule en y contractant adhérence. Elle montre encore qu'au lieu et place des vésicules protoplasmiques diffluentes se trouve maintenant un corps pluricellulaire de structure plus ou moins compliquée, suivant la durée de l'expérience, et qui est l'embryon aux premières phases de son développement.

La fécondation s'opère donc directement dans un milieu artificiel approprié, et en quelque sorte sous l'œil de l'observateur, entre le tube pollinique développé sur place par ensemencement du grain de pollen, et l'ovule, enlevé au pistil du même végétal, conservé vivant, et qui a pu former sur place se vésicules protoplasmiques (1).

Mes efforts pour opérer directement la fécondation entre le tube pollinique et le sac embryonnaire, préalablement isolé de l'ovule, sont demeurés jusqu'à présent sans résultat. C'est pourquoi je n'ai pu encore saisir avec certitude, en dehors du contact entre le renflement terminal du tube et le sommet du sac, le mécanisme de la fonction que cette observation devait me révéler. Je crois néanmoins qu'il n'est pas téméraire d'admettre, en attendant une vérification directe, que l'extrémité du tube pollinique se comporte pendant qu'elle adhère au sac, comme elle le fait quand elle est libre ; c'est-à-dire qu'après s'être gonflée, et avoir accumulé et transformé son protoplasma dans ce renflement terminal, elle perce sa membrane en un point pour expulser par cette ouverture une goutte, une larme de protoplasma. S'il en est ainsi, la paroi du sac embryonnaire doit se résorber au point correspondant, de sorte que la goutte mâle

(1) Nous devons dire ici que M. J. Dalton Hooker a fait un premier pas dans cette voie de recherches, lorsqu'il a obtenu des graines embryonnées en décapitant une capsule de Pavot et en projetant directement les grains de pollen à la surface des placentas.

tombe dans le sac, et vient se mêler à l'une des deux vésicules femelles pour se fondre avec elle en une goutte protoplasmique unique, qui s'entoure ensuite d'une membrane, et devient la première cellule de l'être nouveau.

D'autre part, il faut essayer de conserver et de nourrir par voie de greffe l'ovule ainsi fécondé, en le protégeant contre les causes extérieures de destruction qui l'assiégent, de manière à obtenir, s'il se peut, une graine embryonnée issue de fécondation directe dans un milieu artificiel. J'espère que mes tentatives dans cette voie ne demeureront pas toujours sans résultats.

IV

Rôle du pistil dans la fécondation.

On voit par ce qui précède que le pistil n'est pas absolument nécessaire à la fécondation, qui peut s'opérer en dehors de lui. Le pistil est la source organique des ovules, puisque le sac embryonnaire n'est pas autre chose, en définitive, qu'une cellule du parenchyme de la feuille carpellaire, autour de laquelle cette feuille a transformé une partie de son limbe pour constituer l'appareil à la fois protecteur et directeur qu'on appelle l'ovule. C'est encore le pistil qui, après la fécondation, nourrit l'ovule, et par conséquent l'embryon. Mais pour remplir ces deux fonctions, il suffit que la feuille carpellaire soit développée jusqu'au point où l'ovule le plus élevé s'insère. Toute la région supérieure, c'est-à-dire le sommet de l'ovaire, le style et le stigmate, est donc inutile à ce point de vue ; mais elle sert puissamment à la fécondation, et comme nous venons de voir qu'elle n'est pas indispensable à la manifestation essentielle du phénomène, il est nécessaire que nous comprenions bien comment elle en assure les conditions extérieures.

Or rien ne fait mieux saisir, selon nous, l'utilité du pistil pour la fécondation que les difficultés que l'observateur est obligé de vaincre quand il veut s'en passer, comme aussi l'incertitude des résultats qu'il prépare et les fréquentes déceptions qui l'attendent, quand il veut réaliser, comme nous venons de le dire,

une fécondation directe. Sans entrer, à cet égard, dans des détails qui ne peuvent trouver place dans ce court résumé, je me bornerai à dire que ces difficultés viennent surtout du développement simultané des infusoires et des Champignons microscopiques dans le milieu artificiel où le phénomène doit avoir lieu. L'envahissement que nous avons vu s'opérer pour le pollen libre se complique ici de celui qui s'opère de la même manière pour les ovules libres. Or le pistil est un appareil merveilleusement approprié à la fois pour nourrir le pollen, et pour écarter des ovules toutes influences nuisibles venant du dehors ; c'est ce que nous devons montrer en quelques mots.

Le stigmate offre au grain de pollen un sol nutritif humide et aéré où s'accomplit sa germination. Ce sol est acide et visqueux, et pour ces deux raisons impropre au développement des infusoires ; de plus, c'est un sol éphémère. Les tubes polliniques, n'y trouvant d'humidité que d'un seul côté, se dirigent de ce côté, s'enfoncent dans le stigmate, et s'allongent dans le style ; après quoi, le stigmate épuisé se dessèche, et devient impropre à d'autres germinations. Il en est de même du style, qui s'oblitère progressivement de haut en bas, à mesure que les extrémités, seules actives, des plantules polliniques l'ont traversé ; finalement, il se dessèche, et tombe en général tout entier. Il en résulte que les spores des moisissures qui, suspendues dans l'air, ne manquent pas de tomber sur le stigmate après un certain temps, n'y trouvent qu'un sol épuisé et desséché, qui non-seulement est incapable de provoquer leur germination, mais encore les arrête et les empêche d'arriver aux régions encore turgides du style. Pour ces spores, le stigmate n'est plus un sol, mais un filtre imperméable. Que si quelques-unes d'entre elles cependant réussissent à y germer et à enfoncer leurs tubes dans le style, ce ne sera que fort lentement, et le style, se desséchant et se détachant bientôt, entraînera ces tubes dans sa chute avant qu'ils soient parvenus dans la cavité ovarienne.

Ainsi, dans les circonstances ordinaires, le stigmate et le style sont pour le pollen à la fois un sol nutritif approprié le mieux possible à sa germination et au développement des tubes, et

un canal qui amène les extrémités de ces tubes dans l'ovaire où elles vont rencontrer les ovules. Mais, à l'égard des germes étrangers, ils agissent comme un filtre superposé à la cavité ovarienne, d'autant plus imperméable que le style est plus long, et qui protége les ovules et les tubes polliniques contre l'invasion des ennemis.

Toutefois, si merveilleusement approprié qu'il soit, le pistil ne suffit pas dans tous les cas à assurer la fécondation. Il est telles circonstances atmosphériques extérieures où le stigmate se dessèche avant d'avoir reçu le pollen ; alors le pistil se comporte pour le pollen comme d'ordinaire pour les spores de l'atmosphère ; il empêche les grains de parvenir aux ovules, et la fécondation n'a pas lieu. Il en est d'autres où les spores des Mucédinées envahissent le stigmate et le style avec assez de rapidité pour y enlever la nourriture aux tubes polliniques, et pour gagner l'ovaire ; le pistil et les ovules moisissent inféconds (1).

Outre la protection dont il les couvre contre les êtres étrangers, le pistil garde encore les ovules contre le pollen des autres plantes, et il limite les fécondations hybrides aux cas où il y a

(1) Il semble possible au premier abord de reproduire les conditions favorables réalisées par le style et le stigmate en se servant d'une sorte de pistil artificiel de verre. Ce sera une très-petite fiole sphérique ou ovoïde à col capillaire élargi en entonnoir à son extrémité ; le fond de la fiole, rebondi à l'intérieur, de manière à occuper une grande partie de son volume, est concave au sommet ; le col et la partie supérieure de la fiole sont détachés du reste par un trait de lime et peuvent y être ajustés de nouveau par une bande de papier gommé. On enduit la surface interne des deux parties de l'appareil d'une solution de gomme, on place les ovules sur le sommet concave du fond rebondi qui figure le placenta, puis on rajuste le tube capillaire évasé qui figure le style et le stigmate. Enfin, on projette le pollen sur la surface gommeuse de l'entonnoir supérieur. Mais j'ai hâte de dire que cette imitation est illusoire et que les résultats obtenus dans ces conditions compliquées sont moins satisfaisants que dans un appareil beaucoup plus simple. Voici la cause de l'insuccès, et elle fera mieux saisir encore la perfection inimitable du pistil. L'air contenu dans ce pistil artificiel et la gomme dont on en revêt la paroi contiennent des germes de moisissures, de sorte que l'ennemi, qu'on se donne beaucoup de mal pour empêcher d'entrer, se trouve déjà à l'intérieur de la place. Ce qui fait du pistil un appareil parfait, c'est que la bouteille qu'il forme, ouverte à l'origine, est née, a grandi et s'est fermée à l'abri des enveloppes hermétiquement closes du bouton. Elle n'a donc admis dans son intérieur qu'un air filtré à plusieurs reprises à travers les tissus les plus serrés et, par conséquent, absolument pur de tout germe étranger.

similitude complète entre le pollen étranger et celui de la plante ovulifère, c'est-à-dire tout au moins identité générique des deux végétaux. Il faut, en effet, pour qu'un grain de pollen donné puisse féconder un ovule donné, qu'il soit apte à former avec les aliments que lui présente le pistil de la plante ovulifère un tube dont la longueur *minima* soit celle du style. Cette condition élimine d'abord les pollens des végétaux dont le style est plus court que celui de la plante considérée, et ensuite le plus grand nombre de ceux qui sont destinés à un style égal ou plus long, et qui, transportés dans un milieu moins bien approprié, donneront des tubes beaucoup plus courts. Restent alors les plantes dont le milieu interne a des propriétés identiques, et qui ont des longueurs de style sensiblement égales ; les tubes de celles-ci seules traverseront le style, et leurs extrémités atteindront les ovules ; le style arrêtera, filtrera tous les autres, et les entraînera dans sa chute (1).

Les croisements sont au contraire beaucoup plus fréquents dans nos fécondations directes, où toute condition de longueur *minima* du tube pollinique disparaît ; seulement, la difficulté de nourrir pendant quelque temps le globule embryonnaire formé à la suite du croisement empêche d'en recueillir le résultat.

Nous venons de voir que le double rôle du pistil, nutritif et directeur pour le pollen de la plante, protecteur contre les infusoires, les spores et la plupart des pollens étrangers, est fort important pour la fécondation. Comment se fait-il alors que certaines plantes puissent se passer de son concours ? Nous savons bien que le pistil n'est pas nécessaire, que la fécondation peut à la rigueur s'opérer sans lui ; mais il semble que toutes les causes d'échec, contre lesquelles nous n'avons réussi à lutter que fort imparfaitement dans nos expériences, où par l'élimination du

(1) Que, selon les belles expériences de M. Darwin, la fécondation dans les fleurs dimorphes réussisse mieux des longues étamines aux longs styles et des courtes étamines aux courts styles qu'entre les organes de la même fleur, cela peut provenir de ce que le pollen des longues étamines s'allonge davantage, et de ce que celui des petites tamines donne des tubes moins longs.

pistil nous avons transformé les Angiospermes en Gymnospermes, vont se manifester à la fois chez les plantes naturellement dépourvues de pistil pour en empêcher la fécondation. Et, comme nous savons qu'il n'en est pas ainsi, que la fécondation directe s'opère régulièrement chez les Gymnospermes, nous devons en rechercher la raison.

Nous croyons la trouver dans ce fait que ces végétaux, Conifères et Cycadées, sécrètent dans tous leurs tissus, notamment dans la membrane de l'ovule et au sommet du nucelle où le pollen est semé, des matières résineuses et gommeuses absolument impropres à l'alimentation des infusoires, des Mucédinées, et même des pollens des autres végétaux. Ces plantes n'ont donc pas à redouter les ennemis qui envahissent les ovules des Angiospermes quand on les prive de pistil ; c'est l'incorruptibilité de leurs tissus qui leur permet d'être et de se propager Gymnospermes. S'il a pu exister, au début des âges, des végétaux gymnospermes non résineux, ils ont dû disparaître bientôt dans le combat pour la vie, au milieu des difficultés qui s'accumulaient autour de leur fécondation ; les Gymnospermes résineux seuls ont pu subsister. Les Gnétacées, il est vrai, ne sécrètent ni résine, ni gomme particulière, et, tout en possédant un ovaire, elles n'en sont pas moins privées de style et de stigmate, et par conséquent gymnospermes, au moins en ce qui concerne la fécondation. Mais les difficultés y sont éludées par voie d'emprunt physiologique. Le canal micropylaire s'y allonge considérablement en dehors de la cavité ovarienne ; il s'évase en entonnoir à son sommet, et réalise ainsi au point de vue physiologique un style et un stigmate d'emprunt.

STRUCTURE DU PISTIL DES PRIMULACÉES
ET DES THÉOPHRASTÉES,

Par M. Ph. VAN TIEGHEM.

L'étude anatomique du pistil des Primulacées et des Théophrastées permet, comme nous allons le faire voir, de déterminer la nature du placenta de ces plantes, et de mettre fin aux controverses auxquelles ce sujet a donné lieu.

La paroi du pistil de l'*Anagallis arvensis* est parcourue par dix nervures : cinq principales parviennent jusqu'à la base du style et s'y élèvent, ce sont les nervures médianes des cinq carpelles alternisépales; les cinq autres, alternes, sont plus courtes et se perdent sans entrer dans le style, ce sont les nervures latérales des carpelles voisins unies deux à deux. La colonne centrale contient un certain nombre de faisceaux (de cinq à dix, ordinairement sept) disposés en cercle dans un parenchyme homogène, et elle présente au premier abord tous les caractères propres aux axes floraux, puisqu'on y voit un parenchyme cortical, un cercle de faisceaux et une moelle centrale. Un examen plus approfondi fait disparaître cette illusion.

Les faisceaux de cette colonne sont bien, en effet, formés, comme d'ordinaire, de deux parties distinctes, c'est-à-dire d'un groupe de cellules libériennes pleines de suc tannifère et d'un groupe de vaisseaux spiralés; mais, et c'est là leur caractère remarquable, ils tournent leurs cellules libériennes vers le centre de la colonne et leurs trachées vers sa périphérie. Or c'est le contraire qui a lieu dans tous les axes floraux connus. Les faisceaux de tous les pédicelles floraux, disposés en cercle autour d'une moelle homogène, sont en outre orientés vers le centre, c'est-à-dire qu'ils tournent constamment vers l'axe de l'organe leur côté trachéen, et vers sa périphérie leur face libérienne.

Au-dessus de l'insertion du calice et de la corolle staminifère, le pédicelle floral du *Theophrasta macrophylla* possède dix faisceaux puissants, formant un pentagone dont les sommets alternent avec les sépales. Un peu plus haut, ces faisceaux se divisent : cinq branches partent des sommets pour aller former les nervures médianes des cinq carpelles alternisépales ; cinq branches partent des milieux des côtés, et dix autres, plus puissantes, des points intermédiaires. Ces vingt faisceaux pénètrent aussitôt dans la paroi de l'ovaire, mais ils laissent en place, dans le parenchyme central, dix branches puissantes qui présentent leurs trachées en dehors et leurs cellules libériennes en dedans.

La colonne centrale, qui ne tarde pas à s'isoler de la paroi du pistil, et qui ne contient que ces dix faisceaux inverses, n'est donc pas un axe, quoiqu'elle en possède deux des caractères, c'est-à-dire l'arrangement des faisceaux en cercle dans un parenchyme homogène; car il lui manque le troisième caractère non moins essentiel que les deux précédents, l'orientation interne des vaisseaux. Ces dix faisceaux se rattachent deux par deux aux cinq carpelles pariétaux, vers lesquels ils tournent leurs trachées et dont ils sont des dépendances. A mesure qu'ils s'élèvent dans la colonne, ils ne tardent pas d'ailleurs à se rapprocher et à s'unir successivement deux à deux, de manière à former d'abord sept, puis en définitive cinq faisceaux distincts à trachées en dehors, d'où partent les branches qui se rendent aux ovules. Dans la partie supérieure, ces cinq faisceaux se rapprochent au centre de la colonne, et viennent presque se toucher par leur région libérienne; la colonne présente alors la même structure que la région centrale du pistil des Balsaminées (1).

(1) Nous avons vu, en effet (*Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. IX, p. 175, 1868), que chez les Balsaminées, la colonne centrale du pistil est constituée par cinq faisceaux libéro-vasculaires à trachées en dehors, provenant de la réunion deux par deux des faisceaux marginaux des feuilles carpellaires. Ces faisceaux n'ont latéralement, à travers les cloisons, aucun lien vasculaire avec les faisceaux pariétaux; mais ils envoient supérieurement une branche dans le style. Chez les Caryophyllées, il n'existe même aucun lien, ni latéralement ni supérieurement, entre les faisceaux marginaux des carpelles unis deux par deux dans la colonne centrale et les faisceaux

Les choses se passent donc chez les *Theophrasta* comme chez les *Anagallis*, mais les caractères anatomiques y ont une plus grande netteté à cause du volume plus considérable du pistil et de la puissance des faisceaux.

La colonne placentaire du pistil des Primulacées et des Théophrastées possédant deux des caractères des axes sans en avoir le troisième, nous en concluons qu'elle n'est pas de nature axile ; qu'elle n'est pas, comme il est généralement admis, le prolongement pur et simple du pédicelle entre les carpelles stériles, mais que sa nature est complexe et qu'elle provient de l'association de cinq dépendances carpellaires. En d'autres termes, les faisceaux qui la constituent, au lieu de former un tout indépendant du pistil, se rattachent individuellement aux faisceaux externes des carpelles sur lesquels leur base vient s'insérer et vers lesquels ils tournent leurs trachées.

Il s'agit maintenant de faire bien saisir, par la comparaison avec quelques autres exemples, la nature de cette dépendance.

Cherchons, à cet effet, comment les pièces accessoires des fleurs des *Nerium*, des *Apocynum*, des *Ranunculus*, des *Narcissus*, et surtout celles des *Cobœa* et des *Phaseolus*, s'insèrent sur les organes extérieurs.

Le pétale du *Nerium Oleander* porte, au-dessous du niveau où les étamines se détachent de la corolle, une lame superposée qui se divise en cinq franges. Par des coupes successives on voit que les cinq faisceaux vasculaires du pétale, simples dans la région inférieure, se dédoublent radialement au voisinage de l'insertion de cette lame. Les branches externes, orientées normalement, entrent dans le limbe, et les internes, qui présentent leurs trachées en dehors, se rendent dans la lame

pariétaux, et de plus la liaison parenchymateuse elle-même se détruit bientôt en rendant le placenta entièrement libre.

Ces deux familles forment donc transition entre celles où les branches marginales des carpelles qui cheminent au centre du pistil ont des rapports vasculaires incessants avec les faisceaux pariétaux à travers les cloisons, comme les *Sparmannia*, par exemple, et celles où ces branches centrales sont entièrement et à toute époque indépendantes des faisceaux pariétaux, comme les Primulacées et les Théophrastées.

superposée qui se détache bientôt. Plus haut, le parenchyme se sépare à son tour entre les cinq faisceaux de la lame qui se trouve ainsi divisée en cinq lobes allongés.

Le pétale de l'*Apocynum hypericifolium* produit de même, en superposition avec lui, une dépendance interne munie de plusieurs fascicules qui tournent leurs trachées en dehors; mais c'est de la base même des faisceaux du pétale, et pendant leur trajet à travers le parenchyme cortical du pédicelle, que les branches internes se détachent, en sorte que le pétale et la pièce glanduleuse qui lui est superposée paraissent indépendants et insérés l'un au-dessus de l'autre sur le pédicelle. De plus, les appendices internes des cinq pétales sont, comme ceux-ci, unis bord à bord et forment une coupe à cinq lobes, autour de la base du pistil. Si donc ce dernier n'existait pas, ces cinq lobes pétaliques, unis ensemble latéralement et en dedans, formeraient comme chez les Primulacées, une colonne épaissie au sommet et dont le parenchyme contiendrait un cercle de faisceaux présentant en dehors leur face vasculaire, en dedans leur face libérienne.

A sa base, le pétale du *Ranunculus bulbosus* a trois faisceaux simples. Un peu plus haut, le faisceau médian forme devant lui une branche à trachées en dehors, c'est-à-dire tournées vers les siennes propres. Cette branche interne, destinée à la languette superposée au pétale, ne tarde pas à se dédoubler latéralement, et ses deux moitiés divergent en se contournant et se divisent en nombreux fascicules qui entourent une plage de tissu glanduleux. Ce dernier cesse bientôt et laisse une cavité entre le pétale proprement dit et l'appendice superposé, qui en devient ensuite complétement libre et se prolonge en une lame tronquée concave en dehors. Les fascicules ne paraissent pas pénétrer dans cette partie libre; ils se perdent autour du parenchyme glanduleux qui occupe le fond du cornet. Ainsi le petit appendice du pétale des Renoncules est vasculaire, au moins dans sa partie inférieure adhérente, et ses faisceaux proviennent, en définitive, d'une branche à trachées externes émanée de la nervure médiane du pétale à peu de distance de sa base. Il a donc la même

valeur morphologique que la lame frangée du pétale des *Nerium*.

Dans les *Narcissus*, les pétales et les sépales connés en tube produisent, comme dans les *Nerium*, vers la gorge de ce tube, des lames internes superposées, également connées en tube, et munies de faisceaux dont le côté vasculaire est tourné en dehors, c'est-à-dire vers le côté vasculaire des faisceaux sépaliques et pétaliques dont ils sont des dépendances.

Enfin, les *Cobœa* et les *Phaseolus* se comportent, comme nous allons le voir, par rapport aux étamines, de la même manière que les *Apocynum* et les *Narcissus*, par rapport aux pétales et aux sépales.

Le faisceau qui s'échappe de l'axe pour se rendre à l'étamine du *Cobœa scandens* se dédouble immédiatement dans son trajet horizontal à travers le parenchyme cortical ; il donne une branche externe étroite et arrondie qui pénètre dans le filet de l'étamine, et un large faisceau interne en forme d'arc concave en dehors qui porte ses trachées dans cette concavité. Ces cinq faisceaux en arc demeurent d'abord en place dans le parenchyme cortical; mais plus haut une scission de parenchyme s'opère entre eux et le système des faisceaux du pistil, et les cinq lobes concaves en dehors et renflés au sommet de ce qu'on a appelé le disque deviennent libres. Ces cinq lobes vasculaires à trachées en dehors superposés aux étamines sont donc des dépendances internes et basilaires des faisceaux staminaux, et le dédoublement qui les produit s'opère assez tôt pour que l'on puisse, au premier abord, douter s'ils ne s'insèrent pas directement sur le système vasculaire de l'axe.

Enfin, et ce sera notre dernier exemple, dans la fleur du *Phaseolus multiflorus*, les dix faisceaux des étamines, une fois dégagés des faisceaux des sépales dont ils dépendent, se trifurquent; les branches médianes se dirigent en dehors et se rendent aux étamines proprement dites; les latérales se rapprochent en formant, en face de chaque faisceau dorsal, un arc concave vers l'extérieur, et qui tourne ses trachées en dehors. Enfin, le parenchyme se sépare entre l'ensemble de ces arcs internes qui,

demeurant unis ensemble latéralement, forment un tube autour de la base du pistil, et les dix faisceaux staminaux qui eux-mêmes demeurent compris dans la même gaîne cellulaire, sauf le postérieur, qui s'en détache dès la base.

En résumé, les exemples précédents attestent que, chez certaines plantes les pétales, chez d'autres les sépales en même temps que les pétales, chez d'autres encore les étamines, soit qu'elles forment un ou deux verticilles, produisent à leur base des dépendances superposées, dont les faisceaux libéro-vasculaires présentent leurs vaisseaux en dehors, c'est-à-dire vers l'organe principal. Ces dépendances sont entièrement libres dans toute leur étendue d'avec les organes dont elles dérivent, et elles contractent entre elles latéralement le même genre d'adhérence parenchymateuse que ces organes eux-mêmes. Il en résulte que si ces organes principaux sont unis laté ralement et s'ils sont les feuilles les plus internes de la fleur, leurs dépendances vasculaires, se trouvant en contact au centre, s'uniront de tous côtés et formeront une colonne centrale libre, qui paraîtra prolonger l'axe même de la fleur.

Or, c'est là précisément ce qui a lieu chez les Primulacées. Nous avons vu, en effet, que le phénomène de dédoublement basilaire, dont les sépales, pétales et étamines sont le siége dans les plantes que nous venons de nommer, les carpelles le présentent avec les mêmes caractères dans le pistil à placenta central libre des Primulacées. La nature morphologique de ce placenta s'en déduit. Il est formé par des dépendances internes issues de la base, par des sortes de talons des cinq feuilles carpellaires, désormais indépendants de ces feuilles, mais unis entre eux au centre de la fleur en une colonne libre renflée à son sommet, comme les carpelles proprement dits le sont eux-mêmes latéralement dans toute leur étendue. Seulement ces dépendances internes, au lieu de demeurer stériles comme dans les plantes dont nous avons parlé plus haut, se ramifient chacune vers le sommet, comme la languette des *Nerium*, en un certain nombre de lobes ou de franges transformées en ovules.

L'ovule des Primulacées et des Théophrastées est donc, en

définitive, un lobe transformé de la feuille carpellaire extérieure; seulement tous les lobes transformés d'un même carpelle, au lieu de s'implanter, comme dans la majorité des cas, tous directement et indépendamment sur les bords du carpelle proprement dit, s'insèrent ici d'abord sur un lobe commun pédicellé qui est une division basilaire de la feuille carpellaire. Le sac embryonnaire est ici encore, comme dans tous les cas qui me sont connus, une cellule du parenchyme de la feuille carpellaire.

Dans quelques Primulacées, chaque division basilaire ne produit qu'un seul ovule à son sommet; le placenta porte alors cinq ovules superposés aux cinq carpelles. Chaque carpelle ne forme qu'un seul sac embryonnaire. Nous verrons plus tard qu'il en est de même chez les Santalacées.

Remarquons enfin l'équivalence morphologique de l'organe mâle et de l'organe femelle, de l'anthère et de l'ovule. Nous avons fait voir ailleurs, en effet, que l'étamine des Primulacées n'est pas une feuille autonome, mais seulement une dépendance interne, un lobe du pétale. L'anthère des Primulacées a donc exactement la même valeur morphologique que l'ovule dans les plantes de cette famille qui n'en ont que cinq.

A l'appui des conclusions de l'étude anatomique qui précède, nous invoquerons ici trois considérations d'un autre ordre tirées de la disposition des ovules sur le placenta, du mode de développement transversal du parenchyme de la colonne, et enfin des phénomènes tératologiques.

Si les ovules qui se pressent autour du sommet renflé de la colonne placentaire étaient autant de feuilles autonomes insérées directement sur cet axe prétendu, ils devraient, en raison même de leur extrême rapprochement, être disposés en spirales secondaires très-nettes ou en verticilles alternes d'une parfaite régularité, et c'est ce qui n'a pas lieu.

Dans une étude sur le développement transversal des fruits (1),

(1) *Annales des sciences naturelles*, 5e série, 1869, t. X, p. 123.

M. Cave a cru pouvoir poser en principe général, que l'épaississement des feuilles s'opère par le parenchyme situé en dedans des faisceaux, c'est-à-dire du côté de leur face trachéenne, tandis que l'épaississement des axes a lieu par le parenchyme extérieur aux faisceaux, c'est-à-dire en regard de leur face libérienne. Appliquant plus tard ce critérium au placenta des Primulacées (1), l'auteur constate que le parenchyme de la colonne se développe par sa périphérie, c'est-à-dire en dehors de la zone des faisceaux, et il en déduit que cette colonne est un axe. Mais il est aisé de voir, par l'étude anatomique qui précède, que c'est précisément la conclusion contraire qui découle de l'observation de M. Cave. Nous savons, en effet, que la périphérie de la colonne correspond, non pas comme dans les axes au côté libérien des faisceaux, mais bien à leur face trachéenne. L'épaississement de la colonne placentaire s'opère donc, d'après l'observation de M. Cave, par le parenchyme situé en regard du côté trachéen de ses faisceaux, c'est-à-dire précisément comme il convient à un organe de nature appendiculaire.

Notre troisième remarque sera empruntée à des observations encore inédites, que M. Decaisne a bien voulu me communiquer. M. Decaisne a observé un plant de *Primula veris* affecté de virescence florale. Les feuilles externes du bourgeon floral y sont stériles, mais les plus internes, indépendantes les unes des autres, se trouvent repliées en cornet, se terminent par un style allongé et forment autant de carpelles imparfaitement clos et libres. Ces carpelles portent sur chacun de leurs bords rapprochés quelques ovules plus ou moins bien conformés. On doit conclure de ce fait que les ovules des Primulacées ne sont autre chose que des lobes latéraux transformés des feuilles carpellaires, et qu'ils ont par conséquent la même nature morphologique que dans toutes les autres Phanérogames.

On ne manquera pas cependant d'opposer à l'observation de M. Decaisne un fait tératologique d'un autre ordre, je veux dire le cas remarquable où la colonne placentaire, revêtue ou non

(1) *Comptes rendus*, 1870, t. LXX, p. 523.

latéralement d'ovules plus ou moins ramenés à l'état foliaire, porte à son sommet, à l'intérieur même de l'ovaire, une fleur toute formée. Il est bien certain, dira-t-on, que dans ce cas cette colonne *est* le prolongement de l'axe floral. Formulée en ces termes, la déduction n'est cependant pas tout à fait rigoureuse. La seule chose qu'il soit légitime de conclure de ce phénomène, c'est que dans ces sortes de fleurs monstrueuses la colonne centrale *contient*, *recèle* un système axile qui prolonge le pédicelle et dont la fleur secondaire est la terminaison, et cette conclusion, loin d'être en désaccord avec le résultat de l'étude anatomique des fleurs normales, vient au contraire lui apporter une confirmation.

En effet, j'ai pu récemment faire l'étude anatomiqu ede pareilles fleurs monstrueuses de Primulacées à divers états de transformation, et je me suis assuré qu'outre les faisceaux ordinaires à trachées en dehors qui envoient des branches plus ou moins développées aux ovules plus ou moins transformés en lobes foliaires, on y trouve toujours dans la colonne placentaire un cercle plus intérieur de faisceaux à trachées en dedans. C'est ce système interne surnuméraire et entièrement indépendant des ovules qui est l'unique et véritable prolongement de l'axe, et qui produit plus haut les diverses parties de la fleur secondaire. Dans les fleurs où la métamorphose est la plus avancée, et où les ovules disparaissent aux flancs de la colonne, le système ordinaire des faisceaux périphériques inverses et carpellaires manque, et le système surnuméraire axile subsiste seul (1).

Cette observation se trouve d'ailleurs confirmée par l'examen anatomique d'un certain nombre de phénomènes tératologiques analogues présentés par des fleurs de familles différentes. Nous avons fait voir, en effet, dans un autre travail (2), que dans le pistil des *Rhododendron*, dont le parenchyme central ne contient d'ordinaire qu'un système de faisceaux périphériques car-

(1) Ces observations ont été faites particulièrement sur le *Primula grandiflora*. Le nombre des faisceaux du cercle interne de la colonne y est, suivant les fleurs, de deux, trois ou cinq.

(2) *Recueil des savants étrangers*, 1870, t. XXI, p. 330 et 336.

pellaires à trachées en dehors et envoyant des branches aux ovules, il n'est pas fort rare de voir apparaître sous l'influence de la culture un cercle intérieur de faisceaux orientés en dedans. Ce système axile surnuméraire, entièrement indépendant des ovules, prolonge le pédicelle et vient aboutir, au point où les bords des feuilles carpellaires se séparent, à un bourgeon floral plus ou moins développé.

La même chose a lieu fréquemment et avec de nombreuses transitions chez les Caryophyllées, comme nous l'avons fait voir dans le même travail (1). L'examen de fleurs monstrueuses d'Œillet, fait en commun avec un de mes élèves, M. Ditte, nous en a apporté récemment de nouveaux exemples fort analogues à ceux que présentent les Primulacées.

Il nous reste, pour terminer, à dire quelques mots de la manière dont nous avons envisagé dans un travail antérieur la nature du placenta des Primulacées (2).

Nous y avons admis que la colonne centrale, ayant ses faisceaux disposés en cercle dans un parenchyme homogène, est en effet, comme c'était l'opinion généralement accréditée, le prolongement de l'axe floral au-dessus des carpelles. Toutefois, frappé de ce fait que chacun de ces faisceaux s'incurve en dehors et se divise assez irrégulièrement dans son parcours oblique à travers le parenchyme, pour envoyer simultanément ses branches à plusieurs ovules, nous en avons conclu, contrairement à l'opinion ordinaire, que chaque ovule n'est pas une feuille autonome insérée directement sur l'axe, mais seulement un lobe de feuille; en d'autres termes, que tous les ovules du placenta représentent non pas autant de feuilles distinctes, mais seulement un petit nombre (cinq à dix) de feuilles digitées dès la base, et dont ils sont les lobes transformés. Ces feuilles, émanées de l'axe notablement au-dessus des carpelles inférieurs stériles, se comporteraient donc comme des carpelles surnuméraires entièrement fertiles.

(1) *Loc. cit.*, p. 337 et 454.

(2) *Annales des sciences naturelles*, 5e série, 1868, t. IX, p. 211.

Le travail actuel montre que cette seconde déduction : l'ovule est non pas une feuille entière, mais un lobe de feuille, est parfaitement exacte; mais que la première: la colonne est le prolongement de l'axe qui émet plus haut des feuilles carpellaires surnuméraires, ne l'est pas, et repose sur une erreur anatomique qui s'explique de la manière suivante.

Nous avions borné notre étude au pistil des *Primula*. Or, dans les diverses espèces de ce genre, les faisceaux de la colonne placentaire ont des éléments libériens, tant à l'intérieur de leurs vaisseaux qu'à l'extérieur; la véritable orientation de ces faisceaux est donc assez difficile à reconnaître, et j'avais cru pouvoir admettre qu'elle était interne et normale, ce qui concordait avec l'opinion généralement accréditée. C'est là l'erreur d'où découlait ma conclusion. Dans les *Anagallis* et plusieurs autres genres de Primulacées, ainsi que dans le *Theophrasta*, au contraire, l'orientation externe des faisceaux de la colonne est aussi nette que possible. Une fois ce caractère bien saisi dans ces exemples, si l'on revient aux *Primula*, on finit par se convaincre que les éléments libériens de la face interne du faisceau sont beaucoup plus développés que ceux de la face externe, et qu'ainsi la position réelle des trachées dans le faisceau est bien, en effet, extérieure comme dans les autres Primulacées, de sorte que la même conclusion s'y applique.

La manière fautive dont j'avais envisagé les choses dans mon premier travail provient donc d'une observation anatomique inexacte, faite sur un exemple peu propre à mettre le véritable caractère en évidence.

ANATOMIE DE LA FLEUR DES SANTALACÉES,

Par M. Ph. VAN TIEGHEM.

Un double intérêt s'attache à l'étude anatomique de la fleur des Santalacées par la comparaison que l'on est amené à faire de son mode de placentation avec celui des Primulacées (1) et avec celui du Gui (2).

Thesium linophyllum. — Les feuilles du *Thesium linophyllum* sont disposées en $\frac{2}{5}$. La feuille florifère n'est pas insérée sur la branche, mais bien sur le pédicelle lui-même, et à une assez grande distance de sa base. Il semble dès lors naturel de croire que cette feuille est en réalité comme les autres insérée sur la branche, mais que son faisceau vasculaire demeure compris dans le parenchyme cortical du pédicelle, et qu'ainsi il y a pendant quelque temps union du pédicelle avec sa feuille mère. Il n'en est rien cependant, et le faisceau de cette feuille part en réalité du système vasculaire du pédicelle au niveau même où elle s'en détache; elle est une production directe du rameau floral. Immédiatement au-dessus d'elle, le pédicelle émet deux autres faisceaux, à 144 degrés de distance angulaire, pour les deux bractées latérales.

Considéré au-dessus de ce point, l'axe floral possède trois faisceaux en cercle : deux doubles et un simple; ils se divisent bientôt pour en former cinq, qui ne tardent pas à se dédoubler, de sorte qu'au point où s'articule la fleur, le pédicelle a dix faisceaux. Là cinq d'entre eux émergent, et se rendent dans la zone externe de la fleur dont ils occupent les angles, pour constituer les nervures médianes des sépales. Les cinq autres s'échappent en même temps, se rendent dans la même zone en se trifurquant, et sont destinés aux nervures latérales

(1) Voyez à la page 329 du présent volume.

(2) Voyez à la page 101 du présent volume.

des sépales. Après ce départ, il reste au centre un système vasculaire fort peu développé.

Ce système ne tarde pas à émettre trois branches grêles superposées aux nervures médianes des sépales nos 1, 2 et 3, et qui viennent se placer vis-à-vis de ces nervures, mais dans une zone plus interne du parenchyme ; ce sont les faisceaux médians des trois carpelles, qui sont ainsi, dès la base, indépendants des sépales. Le reste du système central, représentant les branches marginales de ces carpelles unies deux à deux, se concentre dans l'axe de la fleur en un faisceau unique arrondi, formé en majeure partie de cellules libériennes grises, mais contenant aussi quelques cellules annelées et spiralées, dont la place est assez difficile à bien marquer, mais qui paraissent occuper le bord externe du faisceau en trois points superposés aux nervures médianes ; de sorte qu'en petit, la disposition de ces branches centrales est la même que dans les Balsaminées (1) ou dans le haut de la colonne des *Theophrasta* (2). Ainsi l'axe floral, après avoir formé les faisceaux des cinq sépales et ceux des trois carpelles, ne se prolonge pas et s'éteint.

Une section transversale, pratiquée dans la partie inférieure de l'organisme floral, présente donc la composition suivante. Elle est pentagonale ; on y voit une zone externe de parenchyme à larges cellules vertes, contenant cinq faisceaux principaux aux angles et trois plus petits à chacun des côtés : ce sont les nervures des sépales. Cette zone de parenchyme vert est suivie d'une couche grise de petites cellules arrondies et incolores, qui établit la séparation entre le parenchyme du calice et celui du pistil. Ce dernier, qui occupe toute la région centrale, est formé de grandes cellules hyalines en voie de division ; sa périphérie est occupée, en trois points situés en face des angles qui correspondent aux sépales du premier tour, par un fascicule composé de quelques cellules étroites et longues de couleur grise, et qui est le dorsal du carpelle ; son centre est traversé par un faisceau

(1) Voy. *Ann. des sc. nat.*, 5e série, 1868, t. IX, p. 175.

(2) Voyez le présent volume, à la page 330.

cylindrique, formé essentiellement de cellules étroites à contenu grisâtre, mais où l'on voit aussi quelques cellules spiralées formant trois groupes correspondants aux fascicules externes. Dans toute cette région inférieure de la fleur, le parenchyme est continu du centre à la périphérie ; il n'y a pas encore de cavité ovarienne.

Mais, plus haut, il se fait une séparation annulaire entre les trois assises de larges cellules qui recouvrent le faisceau central et le puissant parenchyme externe ; dès lors une cavité ovarienne se trouve constituée, où s'élève une colonne grêle qui en remplit presque toute la capacité. Plus haut encore, la loge s'élargit un peu, mais elle est triangulaire, et la colonne centrale touche la paroi au milieu de ses trois côtés. C'est dans les angles que se nichent les trois ovules que cette colonne porte à son sommet libre, et qui correspondent, comme ces angles eux-mêmes, aux trois faisceaux dorsaux des carpelles, c'est-à-dire aux trois sépales 1, 2 et 3. Chaque ovule nu reçoit un faible linéament vasculaire du faisceau central, qui se dissipe en les formant. Enfin, si l'on remonte jusqu'à la base du style, on voit les trois fascicules dorsaux venir se placer en face des trois angles ou des trois sillons convergents, et se relever dans le style trilobé.

Le pistil du *Thesium*, bien qu'ayant un système vasculaire extrêmement peu développé, se montre donc vasculairement indépendant des appendices floraux extérieurs depuis son insertion sur l'axe, et il n'est point traversé, comme on l'admet généralement, par un prolongement du pédicelle au-dessus des feuilles carpellaires. Le système vasculaire de la colonne placentaire n'a pas les propriétés anatomiques d'un axe floral, mais il se rattache aux faisceaux dorsaux des carpelles comme étant formé par les branches marginales de ces carpelles réunis deux par deux en trois fascicules rapprochés au centre, ainsi que cela a lieu chez les Balsaminées.

L'ovule nu du *Thesium*, qui reçoit un de ces fascicules, n'est donc que la partie terminale transformée du talon du carpelle auquel il correspond. Chaque carpelle forme un ovule, et il y a trois ovules, parce qu'il y a trois carpelles. Un seul de ces

trois ovules se développe en graine, et il m'a semblé que c'est constamment l'ovule superposé au sépale n° 1. Seulement les trois talons carpellaires sont, comme les carpelles eux-mêmes, unis latéralement par le parenchyme dans la majeure partie de leur étendue, et leurs extrémités seules, transformées en ovules, sont distinctes. L'ovule du *Thesium* est donc encore, en définitive, une portion du propre tissu de la feuille carpellaire, et le sac embryonnaire est encore une cellule du parenchyme de cette feuille.

En ce qui concerne la nature morphologique de l'ovule et son mode d'attache sur la feuille carpellaire, les choses se passent donc comme chez les Primulacées. Mais, comparé au Gui, le *Thesium* présente, à côté de quelques similitudes, des différences considérables. Chaque carpelle du *Thesium* ne forme qu'un seul sac embryonnaire, et surtout la partie de son tissu qui entoure ce sac se sépare du carpelle proprement dit pour former un pédicelle conné avec ses deux congénères, et qui se termine par un ovule nu et libre ; or nous savons qu'une pareille séparation n'a pas lieu dans le Gui. Nous trouvons aussi une analogie avec les Corylées, les Quercinées et les Juglandées dans ce fait, que l'ovule unique qui se développe dans le pistil du *Thesium* commence à détruire devant lui tout le parenchyme interne des feuilles carpellaires, qui, par son grand développement, lui constitue une sorte d'albumen ovarien.

Achevons maintenant l'étude anatomique de la fleur en disant quelques mots des étamines. Nous savons que l'axe n'a pas formé directement de faisceaux pour ces organes ; ils ne sont donc pas des feuilles autonomes. Au-dessus de la séparation du style, les faisceaux de la zone calicinale, désormais distincte et formant une coupe, continuent d'abord à s'élever, puis le parenchyme se sépare entre eux. Ce n'est qu'après cette séparation des divisions calicinales qu'on voit le faisceau médian de chacune d'elles, simple jusque-là, émettre une branche interne qui se dirige dans le court filet de l'anthère insérée sur le sépale. L'anthère ou l'étamine n'est donc pas autre chose qu'un lobe interne pédicellé et transformé du sépale, de même que l'ovule n'est autre

chose qu'un lobe interne pédicellé et transformé du carpelle.

Relativement au Gui, où nous savons que l'étamine et le sépale, de même que l'ovule et le carpelle, se confondent sans distinction sur une seule et même feuille, le *Thesium* réalise donc un progrès organique, qui porte également sur les deux appareils reproducteurs. Ce progrès consiste en une localisation plus grande des deux fonctions sexuées qui tendent à se séparer de plus en plus des fonctions végétatives ; le sépale forme un lobe spécial pour l'étamine ; le carpelle détache un lobe spécial pour l'ovule.

En résumé, la fleur du *Thesium* est composée de huit feuilles distinctes disposées en spire 2/5, formant un cycle et demi ou trois tours de spire, c'est-à-dire de cinq sépales staminifères, et de trois carpelles ovulifères superposés aux sépales du premier tour ; et l'on a, suivant la notation ordinaire :

$$F = [5(S+E)+3C].$$

Osyris alba. — Le rameau floral femelle de l'*Osyris alba* porte d'abord plusieurs feuilles disposées en 2/5, et dont les trois dernières sont rapprochées en un faux verticille ; après quoi, il se termine par la fleur. Le pédicelle possède dix à douze faisceaux en cercle. Ils émergent tous à la base de la fleur pour se rendre dans la zone externe, et y former le système calicinal. Eux partis, on ne trouve au centre qu'un système grisâtre peu développé, et d'où se détachent de suite trois branches qui se divisent en émergeant, pour venir se relever à la périphérie de l'ovaire au-dessous de la zone calicinale : ce sont les faisceaux principaux des trois feuilles carpellaires. Ils laissent en place trois branches fort grêles situées vis-à-vis d'eux, et qui s'unissent au centre en un faisceau cylindrique de cellules étroites et longues. Ainsi les trois carpelles ont, comme ceux du *Thesium*, leur système vasculaire extrêmement peu développé, mais tout à fait indépendant de celui des sépales, et l'axe floral ne se prolonge pas au-dessus de leur insertion, puisque le faisceau central appartient à ces carpelles eux-mêmes.

Des sections transversales, pratiquées dans la moitié inférieure

de fruits déjà bien développés, montrent une zone externe de parenchyme vert contenant de nombreux faisceaux calicinaux, et séparée du parenchyme ovarien par une couche grisâtre de petites cellules arrondies. C'est sous cette couche que l'on trouve les nervures des carpelles, reliées au faisceau central par un parenchyme continu à larges cellules incolores, sans cavité ovarienne. La colonne centrale ne se dégage ici du parenchyme ovarien que beaucoup plus haut, et par conséquent sa partie libre au-dessous des trois ovules est beaucoup plus courte que dans le *Thesium*. Les trois ovules correspondent aux trois carpelles, et chacun reçoit du faisceau central un petit linéament de cellules grises.

La conclusion relative à la nature morphologique du placenta et des ovules de l'*Osyris* demeure donc la même que pour le *Thesium*.

Après l'inflexion des trois nervures dorsales dans le style et la séparation de la coupe externe calicinale, on voit les trois faisceaux de cette coupe, qui alternent avec les nervures dorsales des carpelles, se dédoubler radialement. La branche externe, prenant avec elle de chaque côté plusieurs fascicules latéraux, se rend au sépale; la branche interne pénètre dans l'étamine, ou plutôt dans le filet staminal stérile. Dans l'*Osyris* comme dans le *Thesium*, l'étamine n'a donc pas d'existence propre; elle n'est qu'un lobe interne du sépale, affecté d'une métamorphose différente en rapport avec la fonction qui lui est dévolue.

En résumé, la fleur de l'*Osyris* reproduit sur un type numérique différent l'organisation florale du *Thesium*. Elle renferme six feuilles en deux verticilles alternes, disposition annoncée déjà par la verticillisation des trois feuilles sous-florales, c'est-à-dire trois sépales staminifères alternes avec les trois feuilles qui précèdent, et trois carpelles ovulifères alternes avec les sépales, et son expression est :

$$F = [3(S + E) + 3C].$$

En résumé, les caractères généraux de la fleur des Santala-

cées, en tant du moins qu'ils peuvent se déduire de l'étude anatomique du *Thesium* et de l'*Osyris*, sont les suivants :

L'étamine y est une dépendance vasculaire de la face interne du sépale. Les trois carpelles sont vasculairement indépendants des sépales, quoique unis à eux par le parenchyme dans la majeure partie de leur étendue. L'axe floral ne se prolonge pas au-dessus de l'insertion des carpelles ; mais chaque feuille carpellaire porte à sa base et en superposition avec elle un talon vasculaire ; ce talon est, comme le carpelle lui-même, uni avec ses congénères dans la majeure partie de sa longueur, et il forme ainsi une colonne qui se dégage plus ou moins tôt du tissu de l'ovaire ; mais il redevient libre à son sommet, et c'est dans ce sommet que se développe le sac embryonnaire qui lui donne la signification d'un ovule. A chaque carpelle correspond donc un ovule, et cet ovule n'est autre chose qu'un lobe pédicellé du carpelle.

L'analogie avec les Primulacées, et notamment avec les plantes de cette famille où le nombre des ovules égale le nombre des carpelles du pistil, est, on le voit, aussi complète que possible tant pour l'étamine que pour l'ovule. Par rapport au Gui, la différence réside dans une séparation plus grande de l'élément mâle vis-à-vis du sépale, et de l'élément femelle vis-à-vis du carpelle.

Voilà donc, en définitive, un nouvel exemple de placentation dite axile qui disparaît comme les autres, et qui vient se ranger sous la loi générale qui peut s'exprimer ainsi : Le sac embryonnaire est toujours une cellule du parenchyme de la feuille carpellaire, et par conséquent l'ovule qui entoure ce sac est toujours une partie du tissu de cette feuille. Cette partie est plus ou moins transformée, plus ou moins séparée du reste de la feuille. En d'autres termes, la portion ovulaire et la portion carpellaire de la feuille femelle sont plus ou moins distinctes l'une de l'autre, plus ou moins développées l'une par rapport à l'autre : voilà toute la différence.

OBSERVATIONS

SUR

LES CARACTÈRES ET LA FORMATION DU LIÉGE

DANS LES DICOTYLÉDONES,

Par M N. W. P. RAUWENHOFF.

Il n'y a aucun organe sur lequel les recherches soient demeurées aussi incomplètes que sur le liber : voilà ce qu'écrivait, il y a quelques années, M. Hugo de Mohl, dans un mémoire où il nous faisait connaître mainte particularité importante concernant cette partie de la plante (1). Il aurait pu hardiment, à cette époque, généraliser davantage cet énoncé et l'appliquer à l'écorce tout entière.

Depuis ce temps, plusieurs botanistes ont publié des travaux de grand mérite, qui ont notablement augmenté les connaissances que nous possédions sur ce sujet.

Mais, même après ces recherches des dernières années, il s'en faut encore de beaucoup que nous ayons une intelligence complète de la composition de l'écorce, de son développement et des changements qu'elle subit.

Je pense donc que ce ne sera pas répéter purement des choses connues, que de communiquer ici quelques-uns des résultats de mes observations sur le liége, partie de l'écorce dont l'étude m'occupe depuis longtemps.

Rappelons d'abord, en quelques mots, l'historique de la question.

Anciennement on a émis bien des opinions différentes sur la nature et la signification du liége et du liber. Mais il est tout à fait superflu de mentionner ici ces opinions, soit parce que les

(1) *Einige Andeutungen über den Bau des Bastes,* dans *Bot. Zeit.*, 1855, p. 873.

observations sur lesquelles elles reposent datent d'une époque où la connaissance anatomique des plantes était encore très-imparfaite, soit parce que M. Hugo de Mohl, dans un excellent travail publié en 1836, a déjà donné un aperçu de ces théories anciennes.

Ce travail est devenu le point de départ de toutes les recherches postérieures, et beaucoup des résultats fournis par ces recherches ne sont que la confirmation de ce que M. de Mohl avait déjà trouvé.

M. de Mohl distingue quatre couches dans l'écorce de la branche d'un an : l'*épiderme;* la *couche subéreuse*, composée de 3-5 rangées de cellules à parois minces, incolores, sans contenu granuleux ; la *couche parenchymateuse*, formée d'un nombre plus ou moins grand de cellules à parois minces, renfermant de la chlorophylle; le *liber*, qui contient les fibres allongées, et qui, à un âge plus avancé, se compose de couches distinctes, disposées en feuillets.

Cette division, empruntée à la structure du Chêne-liége, a été suivie par la plupart des auteurs postérieurs. Nous pouvons l'adopter également, avec une légère modification. Si l'on étudie, en effet, un état de développement moins avancé que celui décrit par M. de Mohl, on ne trouve pas de liége sous l'épiderme, mais quelques couches de cellules parenchymateuses d'une forme différente de celles qui composent la couche de parenchyme avec chlorophylle de M. de Mohl ; dans beaucoup de cas, c'est du collenchyme qui touche alors à l'épiderme. Lorsque la couche subéreuse décrite par M. de Mohl est déjà développée, l'épiderme n'existe souvent plus qu'en partie çà et là, et, en tout cas, ses fonctions ont cessé. Pour que nous puissions nous rallier à la division de M. de Mohl, il faut donc comprendre par couche subéreuse la couche qui, plus tard, donne fréquemment naissance à du liége.

Après la publication de ce chef-d'œuvre, il se passa un temps assez long avant que le sujet donnât lieu à de nouvelles recherches spéciales. Dans la description de plantes ou de familles particulières on fit bien mention également du liége : c'est ainsi

que M. Schleiden parle de cette partie dans son *Anatomie des Cactées*, et que MM. Hartig et Schacht communiquent aussi différentes observations qui la concernent. Mais, en général, on s'en tint aux résultats des recherches de M. de Mohl, lesquelles, comme la plupart des autres travaux du même maître, ne peuvent être étudiées sans rappeler, suivant les paroles de M. Schleiden, les larmes d'Alexandre.

Le travail le plus important qui a paru sur le liége, depuis le mémoire de M. de Mohl, est celui que M. Hanstein a publié sous le titre de : *Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Baumrinde*, 1853. Prenant pour point de départ les recherches de M. de Mohl, avec lequel il est d'accord dans la plupart des cas, M. Hanstein cherche surtout à faire mieux connaître l'histoire du développement du liége. A cet effet, il a étudié et décrit avec détail dix-sept espèces différentes d'arbres, et il a éclairé ses observations par d'excellentes figures. Les vues générales auxquelles il a été conduit peuvent se résumer ainsi :

Pendant que le tronc continue de s'accroître par la formation de tissus secondaires aux deux côtés du cambium, l'écorce primaire a allongé et multiplié ses cellules dans la direction périphérique. Dans la direction du rayon, elle ne donne, en général, lieu à aucun développement; elle laisse ce soin à l'écorce secondaire.

L'épiderme, cessant bientôt de pouvoir suivre la croissance du tronc, se déchire. Du liége vient le remplacer. Les cellules extérieures du parenchyme, en se multipliant, ont formé un tissu propre à protéger les parties vivantes contre les influences du dehors. Ces cellules ne se prêtent pas à l'échange osmotique des liquides. Par suite, elles ne restent que peu de temps en vie. Cette enveloppe subéreuse contient des cellules parenchymateuses de formes très-diverses, mais toujours elle est caractérisée par la matière particulière qui constitue ces cellules, par leur mode de développement et par leur disposition régulière. M. Hanstein appelle ce tissu *périderme*, nom que M. de Mohl avait employé dans un sens plus restreint, pour indiquer spécialement les cellules subéreuses tabulaires.

Avec les progrès de l'âge, la première couche de périderme ne peut plus, dans beaucoup de plantes, suivre le développement du tronc. Au commencement, le périderme se renouvelle à la face interne à mesure qu'il se détruit au côté externe; mais bientôt du périderme se forme dans des couches plus profondes, et celui qui est situé en dehors se dessèche et meurt.

Après cette description, en général exacte, bien que demandant çà et là à être confirmée et étendue, les études sur le liége ont de nouveau subi un temps d'arrêt assez long, savoir, jusqu'au travail développé que M. Sanio lui a consacré il y a peu d'années (Pringsheim's *Jahrb.*, II, p. 39). Ce savant s'est surtout proposé d'observer, dans différentes plantes, les premières phases de la formation du liége; il en a étudié avec beaucoup de soin les états les plus jeunes, et, sous ce rapport, il a notablement étendu notre horizon. Mais il ne s'est pas occupé de l'écorce de plantes plus âgées.

Ce travail est le dernier de quelque importance qui me soit connu. Moi-même j'ai suivi cette question avec intérêt depuis plusieurs années, et j'ai répété la plupart des recherches auxquelles elle a donné lieu. Le plus souvent j'ai trouvé ainsi la confirmation de ce que d'autres avaient fait connaître; dans quelques cas toutefois, mes observations indiquaient des inexactitudes et des lacunes que j'ai cherché alors, autant que possible, à redresser ou à combler. Je me suis convaincu surtout que nous aurions, en général, une idée plus complète de la partie en question, si l'on avait toujours suivi son développement depuis les états les plus jeunes jusqu'aux plus avancés. En 1859, j'ai essayé de donner un aperçu de ce développemeut successif de l'écorce pour le *Robinia Pseudacacia* (*Ned. Kruidk. Archief*, t. V, p. 1-28). Postérieurement, j'ai étudié de la même manière un grand nombre d'autres plantes. J'espère pouvoir faire connaître plus tard ces observations avec tous leurs détails. En ce moment je veux présenter seulement, comme résultats provisoires de mes recherches, quelques remarques sur :

1° Les formes des cellules du liége,

2° Leur mode de multiplication ;

3° La place où le liége prend naissance normalement ;

4° Les changements qui interviennent, sous ce rapport, à un âge plus avancé de la plante.

I. — Formes des cellules du liége.

Il y a, comme M. de Mohl en a déjà fait l'observation, deux formes principales, deux types de cellules subéreuses : l'un est celui des cellules *cubiques*, l'autre celui des cellules *tabulaires*.

Les cellules *cubiques* sont ordinairement à parois minces, transparentes, à contours foncés, par suite de la grande force réfringente des parois. Le contenu est de l'air. Souvent les parois, surtout dans la direction radiale, sont ondulées ou sinueuses.

On les trouve avec ces caractères chez nombre de plantes, telles que : *Sambucus nigra*, *Æsculus Hippocastanum*, *Lonicera Caprifolium*, *Quercus Suber*, *Morus nigra*, *Rhus Cotinus*, *Rhus typhina*. Toutefois il y a encore des différences considérables dans l'épaisseur des parois de cette forme de cellules; on n'a qu'à comparer, par exemple, sous ce rapport, le *Syringa vulgaris* et le *Morus nigra*. Dans cette dernière espèce les cellules se rapprochent souvent du type tabulaire.

Chez les *Syringa*, *Larix*, *Berberis*, *Philadelphus*, les cellules continuent encore longtemps à croître dans la direction du rayon et deviennent ainsi allongées radialement, avec des parois sinueuses. Ce n'est que chez un petit nombre de plantes qu'elles conservent leur forme cubique à un âge plus avancé. Le plus souvent l'accroissement du tronc est cause que les cellules se développent principalement dans la direction périphérique, pour qu'elles puissent continuer à embrasser la circonférence agrandie.

Les modifications qu'on rencontre dans ce cas sont d'autant plus considérables, que les parois des cellules sont plus minces et plus extensibles. C'est ainsi que les cellules subéreuses du *Vitis vinifera*, du *Philadelphus coronarius*, du *Ribes rubrum*, d'abord cubiques ou même allongées radialement, deviennent peu à peu allongées dans le sens périphérique.

Bien que les cellules cubiques, comme il a été dit, aient en général des parois minces, on trouve pourtant des exceptions à cette règle, par exemple chez le *Morus nigra*, et surtout dans la vieille écorce de l'*Abies excelsa.* Parfois il arrive aussi que la paroi n'est épaissie que d'un côté; on en voit un exemple remarquable dans le *Larix europæa*, où la paroi supérieure ou inférieure offre seule une épaisseur considérable et montre de plus des canaux ponctués.

Les cellules cubiques épaissies et allongées périphériquement forment la transition au second type principal, celui des cellules tabulaires. Ici les parois sont presque toujours épaissies, parfois à un très-haut degré, et alors souvent colorées en jaune. Dans les cellules on trouve en ce cas un contenu brun, opaque, trouble. Les cellules subéreuses tabulaires, dont la plus grande dimension est toujours parallèle à la surface de la plante, forment quelquefois, chez des plantes déjà âgées, une couche dense qu'on appelle *périderme*.

Il y a, du reste, ici également, une grande différence dans le rapport des deux dimensions : presque cubiques chez le *Cytisus Laburnum*, les cellules sont plates dans le *Quercus pedunculata*, le *Q. Suber* à l'état de jeunesse, le *Larix*, le *Betula;* très-plates dans le *Tilia grandifolia*, le *Populus tremula* et surtout dans le *Fagus silvatica.* Les cellules très-plates sont souvent convexes au côté extérieur, et alors reconnaissables surtout à leur contenu obscur : c'est ce qu'on voit d'une manière très-nette dans l'écorce âgée du *Fagus silvatica* et de la racine de *Ratanhia.*

Les deux formes principales de cellules du liége se rencontrent très-fréquemment dans la même plante en couches alternatives, composées en majeure partie tantôt de l'une, tantôt de l'autre espèce. M. de Mohl et M. Schacht ont même puisé dans ce fait des caractères propres à distinguer l'écorce d'un arbre de celle d'un autre, et tous les deux ont fondé en grande partie leur distribution des arbres qui produisent du liége sur la présence des deux espèces de cellules et sur leur proportion relative. Bien que l'observation soit exacte, comme on peut s'en assurer chez le *Betula*, le *Quercus*, etc., les deux formes passent pourtant de

l'une à l'autre d'une manière trop insensible, pour qu'on puisse y trouver une base fixe de classification. Cela devient surtout évident quand on examine l'écorce d'arbres âgés, par exemple celle du *Pinus sylvestris*. Dans les couches subéreuses qui contribuent à former ces vieilles écorces, on trouve souvent des formes différentes de celles qui sont propres à la jeune branche. La distinction est donc extrêmement difficile. En général, les cellules tabulaires paraissent prendre naissance quand le développement des cellules cubiques s'arrête, de sorte qu'une couche de liége, composée de cellules de cette dernière espèce, est ordinairement limitée à l'intérieur par des cellules tabulaires. Il est possible que ce changement dans la forme des cellules soit dû à la même cause à laquelle M. Sachs (*Lehrb. d. Botanik*, p. 409) est porté à attribuer la différence de forme des cellules du bois printanier et du bois automnal, savoir, à ce que les tissus qui prennent naissance à l'automne sont soumis, dans la direction radiale, à une pression plus forte que ceux dont la formation a lieu au printemps.

En ce qui concerne la nature chimique des parois des cellules du liége, on les a regardées autrefois comme composées d'une matière particulière, appelée *subérine*. Cette matière semblait distinguée de la cellulose par l'action différente que font éprouver aux deux substances l'acide sulfurique et l'acide nitrique.

Quelques-uns admettaient même dans la subérine la présence de l'azote. D'après les recherches postérieures toutefois, la paroi des cellules du liége doit être regardée comme consistant en cellulose pénétrée de graisse, de cire, de résine ou de lignine. Cette opinion trouve surtout un appui dans la circonstance que l'acide subérique, qui se forme par l'action de l'acide nitrique sur le liége, prend également naissance dans l'oxydation des matières grasses sous l'influence de l'acide nitrique.

Cette manière de voir est aussi confirmée par une observation que j'ai faite sur le liége frais du *Quercus suber*, où un certain nombre de rangées des cellules subéreuses les plus jeunes devenaient rouge violet par l'action du mélange de chlorure de zinc, d'iode et d'iodure de potassium, tandis que toutes les autres

cellules prenaient, comme d'ordinaire, une teinte jaune brunâtre. Les premières contenaient aussi encore de l'humidité, et se distinguaient sur une coupe fraîche, même à l'œil nu, comme une couche différemment colorée.

II. — Mode de naissance et de multiplication des cellules du liége.

La manière dont les cellules du liége prennent naissance est demeurée longtemps inconnue, et ce n'est que dans les derniers temps qu'elle a été éclaircie. Il est vrai qu'elle n'est pas toujours facile à observer.

M. de Mohl n'a pas traité ce point dans son travail classique ; il s'est borné à l'étude de plantes dans lesquelles la première apparition du liége avait déjà eu lieu. M. Hanstein ne s'est également occupé que du développement et des modifications ultérieures des couches subéreuses, bien que, en quelques endroits de son mémoire, il parle de la multiplication cellulaire qui donne naissance aux cellules du liége, et lui assigne pour siége la rangée de cellules située sous l'épiderme. M. Schleiden, qui a examiné la question de l'origine des cellules, déclare ne pas être parvenu à l'élucider complétement. Il met cette origine en connexion avec l'accumulation supposée d'une masse mucilagineuse jaunâtre dans les cellules épidermiques, laquelle finirait par faire éclater les parois latérales de ces cellules, en soulevant les parois supérieures réunies sous forme de membrane continue. En même temps, des cellules subéreuses prendraient naissance dans cette matière. Ces vues ne seront probablement plus défendues par personne. Une idée plus exacte du phénomène a été donnée par M. de Mohl, dans une figure représentant la formation du liége chez le *Cereus peruvianus* (*Vegetab. Zelle*, p. 58). M. Schacht a décrit cette formation chez deux autres Cactées (*Die Pflanzenzelle*, p. 239, *Anat. u. Phys. der Gew.*, I, p. 287) ; elle aurait lieu, d'après lui, dans les cellules de l'épiderme.

Mais le sujet a été étudié pour la première fois d'une manière exacte et approfondie par M. Sanio, en 1859 (Pringsheim's *Jahrb. f. wiss. Bot.*, II, livr. I, p. 38-108). Selon cet observa-

teur, la cellule subéreuse prend toujours naissance par une multiplication, une division, due à l'apparition de cloisons placées dans le sens tangentiel. Faisant usage d'un procédé très-heureux pour obtenir des coupes minces, et débarrassant par un lavage les cellules de leur contenu, il est parvenu à découvrir la naissance première et la multiplication des cellules subéreuses, ce qui n'avait réussi à aucun de ses devanciers. Dans la division en question, il signale les variétés suivantes :

a. Elle peut être purement *centripète*, c'est-à-dire que lorsqu'une cellule a subi une division, la cellule-fille inférieure se partage de nouveau en deux autres cellules, dont la supérieure devient subéreuse, et ainsi de suite.

b. Elle peut être purement *centrifuge*, quand, des deux cellules-filles formées en premier lieu, c'est l'extérieure qui se divise de nouveau ; le même phénomène se répétant continuellement.

c. Entre ces deux modes fondamentaux, on observe en outre, d'après M. Sanio, plusieurs modes intermédiaires, savoir :

Une division *centripète intermédiaire*, dans laquelle les deux premiers partages sont centripètes, tandis que le troisième se fait dans la plus extérieure des deux cellules-filles formées en dernier lieu. Les deux divisions suivantes sont alors de nouveaux centripètes.

d. Une division *centrifuge réciproque*, quand, de la direction centrifuge, la division saute, pour ainsi dire, dans la direction centripète. Il se forme d'abord, en direction centrifuge, 3, 4 ou 5 cellules-filles, après quoi le partage cesse, et les cellules-filles extérieures, au nombre de 1, 2 ou 3, commencent à se changer en liége. La cellule interne ou les deux cellules internes deviennent alors du parenchyme cortical (*Korkrindenzellen*), et la cellule-fille située entre elles et les cellules subéreuses continue plus tard la division dans la direction centripète.

e. Enfin, une division *centrifuge intermédiaire*, qui diffère peu de la précédente. Ici le second partage se fait dans la cellule-fille externe ; des deux cellules-filles auxquelles il donne

naissance, l'externe devient subéreuse, et l'interne continue la division dans la direction centripète, tandis que la plus intérieure des cellules formées en premier lieu devient du parenchyme cortical.

J'ai répété les recherches dont il vient d'être question, et j'ai trouvé d'un excellent usage la méthode qui y est indiquée. Le résultat de M. Sanio, que les cellules du liége prennent toujours naissance par division de cellules-mères, a été entièrement confirmé par mes observations. Aucune exception ne m'est encore connue, de sorte que je diffère complétement d'avis, à cet égard, avec M. Cas. De Candolle, qui, dans un écrit publié en 1860 (1), soutient l'opinion que le premier liége de bonne qualité (dit *liége femelle*) naîtrait par formation cellulaire libre.

Pour ce qui regarde toutefois les divers modes de division admis par M. Sanio, leur distinction me paraît un peu trop subtile, et, avec tout le soin possible, je n'ai pas réussi à les retrouver toujours tels qu'il les a décrits. J'ai bien vu, par exemple chez les *Betula alba*, *Berberis vulgaris*, *Rhus Cotinus* et *typhina*, des divisions répétées dans la direction centrifuge, et chez le *Daphne Mezereum* et *Sorbus aucuparia* une division centripète ; mais je n'ai pu saisir distinctement les modes intermédiaires. Je dois avouer aussi que je n'attache pas une très-grande importance à ce que la troisième ou quatrième cellule-fille soit la plus intérieure ou la plus extérieure, parce que cette différence ne me semble pas être suffisamment constante. M. Sanio lui-même fait remarquer que, suivant les circonstances, l'ordre de division des cellules peut varier. Il cite comme exemple le *Viburnum Opulus*, qui présente trois modes différents, selon qu'on l'examine à différentes époques de l'été. La division centripète, qui donne lieu immédiatement à une couche de liége, se produit en automne, tandis qu'en juillet se montrait la division centrifuge réciproque, laquelle n'est suivie que plus tard de la formation du liége. Il est clair que la même chose se retrouvera dans d'autres plantes, de

(1) *Mémoires de la Société physiologique et d'histoire naturelle de Genève : De la production naturelle et artificielle du liége.*

sorte que la connaissance de ces variétés de division ne me semble pas avoir une importance proportionnée aux difficultés de leur étude. En outre, après les premières divisions de cellules, toutes les suivantes sont centripètes ; il n'y a d'ailleurs jamais, à un moment donné, qu'une seule rangée de cellules en voie de multiplication.

Pas plus que M. Sanio, je ne suis parvenu à découvrir les cloisons des cellules-filles avant que leur formation soit complète. Il m'est bien arrivé de voir le contenu des cellules partagé en deux, sans qu'il existât déjà de cloison apparente ; mais partout où cette dernière se montrait, même à l'état de ligne à peine visible, elle parcourait la cellule tout entière, d'une extrémité à l'autre. Dans quelques-unes de mes préparations, conservées dans la dissolution récemment recommandée d'acétate de potasse, ces parois minces des cellules sont restées plus visibles qu'en faisant usage de la glycérine, laquelle donne à toutes les parties une transparence extrême. Plusieurs de ces préparations sont encore en fort bon état après un laps de temps de six années.

III. — Place où naissent les premières cellules subéreuses.

La place où apparaissent, à l'état normal, les cellules subéreuses n'est pas moins importante à connaître que leur mode de multiplication. Sur ce point également, on est resté longtemps dans le doute. M. Schleiden croyait que le liége se forme dans l'épiderme. MM. Schacht, de Mohl et Hanstein, regardèrent comme le siége de cette formation la rangée de cellules située immédiatement au-dessous de l'épiderme. Le dernier de ces auteurs fit connaître en outre pour quelques plantes, telles que *Vitis vinifera*, *Ribes Grossularia*, *Caprifolium italicum*, une production de liége à une profondeur plus grande dans l'écorce. C'est encore M. Sanio qui a étudié ce point de la manière la plus approfondie. Il a montré que le liége peut se former à tous les endroits mentionnés, en des points différents chez des plantes différentes, mais toujours au même point chez une même

plante (1). Dans sa description du liége, il partage même les plantes d'après ce caractère, quoiqu'il reconnaisse que pour l'étude de l'état adulte et de la vieillesse de la plante, et pour donner un tableau aussi complet que possible du développement du liége, la division la plus naturelle est celle en arbres qui ne forment qu'une seule fois du liége, et en arbres qui en produisent indéfiniment.

J'ai examiné les faits avec soin dans un grand nombre de plantes, et je suis heureux de pouvoir confirmer presque toujours les résultats de M. Sanio.

Ainsi que lui, j'ai vu les premières cellules subéreuses dans l'épiderme lui-même chez plusieurs Pomacées, telles que *Sorbus aucuparia*, *Pirus communis*, *P. Malus*, chez le *Viburnum Lantana* et chez le *Daphne Mezereum*.

Mais, dans la grande majorité des plantes, j'ai trouvé les premières cellules du liége dans la rangée la plus externe de cellules de l'enveloppe cellulaire, situées immédiatement sous l'épiderme. C'est ce que m'ont offert entre autres les espèces suivantes : *Betula alba*, *Fagus sylvatica*, *Alnus glutinosa*, *Rhus Cotinus*, *R. typhina*, *Tilia grandifolia*, *Populus tremula*, *Ilex Aquifolium*, *Morus nigra*, *Æsculus Hippocastanum*, *Syringa vul-*

(1) M. Duchartre ne s'exprime pas d'une manière tout à fait exacte lorsqu'il dit (*Éléments de botanique*, I[re] partie, p. 155) que MM. Schacht et Sanio ont fait connaître la formation première des cellules subéreuses, et ont montré que le plus souvent les cellules de l'épiderme se divisent à cet effet chacune en deux par une cloison parallèle à la surface externe de la tige ; mais que parfois, d'après M. Sanio, la rangée extérieure de cellules de l'enveloppe cellulaire se divise également de la manière indiquée. Si l'on consulte les deux auteurs cités, on trouve chez M. Sachs (*Pflanzenzelle*, p. 239) : « Le liége se forme primitivement *dans* l'épiderme ou *au-dessous* » ; et M. Sanio dit en termes formels (Pringsheim's *Jahrb.*, II, p. 42) : « Ce n'est que dans des cas relativement assez rares que le liége se développe dans l'épiderme. Il est beaucoup plus fréquent de le voir naître dans l'enveloppe cellulaire, et alors, chez la très-grande majorité des plantes, dans la rangée la plus externe des cellules de cette partie de l'écorce. Chez un petit nombre d'espèces, au contraire, il prend naissance dans la seconde ou la troisième rangée desdites cellules, ou même encore plus profondément, etc. » Ces passages ne s'accordent ni l'un ni l'autre avec la manière dont M. Duchartre présente les opinions des deux auteurs. Ce que l'on trouve sur ce sujet dans le traité de M. Oudemans (*Leerboek der Plantenkunde*, t. II, p. 421) est emprunté presque littéralement à M. Duchartre, avec les mêmes inexactitudes.

garis, *Viburnum Opulus*, *Quercus pedunculata*, *Q. Ilex*, *Q. castanea*, *Q. Suber*, *Calycanthus floridus*, *Platanus occidentalis*, *Corylus Avellana*, *Sambucus nigra*.

Dans quelques cas, comme chez la plante nommée en dernier lieu, les cellules-mères sont passablement grandes, et leur première division est facile à constater; ailleurs au contraire, comme dans le genre *Quercus*, le phénomène échappe facilement à l'observation.

Chez certaines plantes qui ont une cuticule épaisse, telles que *Ilex Aquifolium*, la formation du liége commence tard, de sorte que plusieurs naturalistes (par exemple : Schacht, *Anat. und Phys. d. Gew.*, I, 291), se trompant à cet égard, ont annoncé à tort qu'il ne s'en développe pas du tout. Chez d'autres végétaux, tels que *Æsculus Hippocastanum*, on ne saurait arriver trop tôt, si l'on veut épier les premières phases de la production subéreuse. Longtemps avant que le nouveau jet, formé au printemps, ait atteint toute sa longueur, il s'est développé une couche de liége composée de plusieurs rangées de cellules.

Dans quelques cas peu nombreux, le liége apparaît à une plus grande profondeur dans le tissu de l'enveloppe cellulaire. Les Légumineuses semblent être particulièrement remarquables sous ce rapport. M. Sanio a observé le phénomène chez le *Robinia Pseudoacacia*, le *Cytisus Laburnum* et le *Gleditschia triacanthos*. En ce qui concerne le *Robinia*, j'ai montré ailleurs (*Kruidk. Archief*, 1859, t. V, p. 1–28), avec détail, que la division se fait dans la deuxième rangée de cellules et dans la troisième ou quatrième rangée, là où existent les côtes saillantes de la tige. Plus tard j'ai trouvé exactement la même chose dans le *Glycine chinensis*. Chez le *Cytisus Laburnum*, au contraire, qui ne possède pas de ces côtes, les cellules subéreuses naissent sur toute la périphérie dans la deuxième rangée.

Parfois même le siége de la première formation du liége s'enfonce encore plus profondément dans le tissu de la plante ; c'est ainsi qu'il se trouve à la limite interne de l'écorce primaire, immédiatement au dedans d'une rangée de grandes cellules polyédriques à parois épaisses, chez le *Berberis vulgaris*, le

Ribes rubrum et le *Lonicera Caprifolium*, ou immédiatement contre les faisceaux libériens, comme dans le *Rubus idæus*.

Enfin, il arrive aussi que le premier liége se forme dans l'écorce secondaire, par exemple chez le *Philadelphus coronarius* et le *Vitis vinifera ;* pour cette dernière plante, le fait a été décrit et figuré exactement et dans tous ses détails par M. Hanstein (*Unters. über d. Bau und d. Entw. d. Baumrinde*, p. 61–71).

Une circonstance qui mérite encore d'être signalée, c'est l'inégalité d'origine des cellules subéreuses dans les tiges à côtes saillantes. Chez les autres plantes, on voit constamment, sur toute la circonférence, le liége prendre naissance à la même distance sous l'épiderme ou dans l'épiderme lui-même, quoiqu'il ne soit pas rare que la formation du liége commence à un côté de la tige plus tôt qu'à l'autre. Dans les végétaux à côtes saillantes, il n'en est plus de même. J'ai déjà fait remarquer tout à l'heure que, chez le *Robinia Pseudoacacia*, la formation du liége commence, au-dessous des côtes, à une plus grande profondeur que dans les points situés à côté. La chose se voit encore beaucoup mieux chez le *Larix europæa*, où les côtes sont plus proéminentes. Ici le liége apparaît, au-dessous des côtes, dans la quatrième ou cinquième rangée de cellules, et, à la limite des côtes, dans la première rangée, de sorte que l'anneau des cellules subéreuses forme un cercle qui finit par isoler toute la série des côtes. Un fait analogue a été observé et décrit par M. Sanio chez le *Casuarina torulosa*, et j'ai retrouvé la même disposition dans les *Casuarina quadrivalvis* et *stricta*. Quelques faisceaux libériens, qui chez ces plantes se trouvent dans les côtes, sont isolés de cette manière par les premières couches subéreuses.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique exclusivement aux cellules subéreuses qui se forment en premier lieu, et qui se rencontrent dans la tige d'une manière normale. Dans des circonstances anormales et à un âge plus ou moins avancé, la plante produit du liége aux points les plus divers.

Pour ce qui regarde les progrès de l'âge, on sait comment les couches subéreuses meurent successivement au côté externe, et s'accroissent à l'intérieur par la formation de nouvelles cellules.

Chez quelques arbres, tels que le *Fagus silvatica*, cela continue ainsi pendant très-longtemps ; mais, finalement, il se forme aussi de nouvelles couches de liége plus à l'intérieur du tissu, analogues à celles qui apparaissent dans un temps beaucoup plus court chez le Chêne, le Peuplier et d'autres arbres. D'après cette considération, M. de Mohl les avait déjà distinguées sous le nom de *Borke* ou *Rhytidome*. Ces nouvelles couches subéreuses se relient aux premières par leurs extrémités, et de cette manière elles isolent une partie de l'écorce qui alors se dessèche rapidement, et éprouve des altérations chimiques, par suite desquelles, entre autres, la réaction de la cellulose cesse de pouvoir être observée. Successivement des couches de liége se forment en des points de plus en plus profonds de l'écorce primaire, puis elles envahissent l'écorce secondaire, de sorte que, finalement, une partie des fibres libériennes est également rejetée en dehors ; à l'extérieur, les parties plus anciennes se fendent et se déchirent, et donnent à la surface des arbres leur aspect rugueux bien connu (*Schuppenborke*). Ou bien, il se forme de temps en temps, à l'intérieur, de nouveaux anneaux de liége, indépendants des couches plus extérieures, et chaque fois tout un anneau de parties libériennes est séparé du reste de l'écorce : c'est ce qui se voit par exemple chez la Vigne (*Ringelborke*, Hanstein).

Les modifications remarquables que subissent les parties ainsi isolées de l'écorce, surtout celles de l'écorce secondaire, méritent aussi de fixer l'attention. Ces modifications n'ont pas toujours été appréciées exactement, et elles ont donné lieu à des erreurs. C'est ainsi que M. Wigand, dans un mémoire d'ailleurs fort intéressant (*Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle*, in Pringsheim's *Jahrb.*, III, p. 115-182), a décrit sous le nom de *Hornbast* ou *Hornprosenchym* (prosenchyme corné) un tissu prétendument nouveau. M. Oudemans a réclamé (*Bot. Zeit.*, 1862, p. 43) la priorité de cette découverte, en rappelant qu'il avait décrit et figuré les particularités de ce tissu à l'article du *Cortex Canellæ albæ*, dans ses *Aanteekeningen op de Pharmacop. Neerlandica;* mais qu'il n'avait pas jugé nécessaire de donner à ce tissu un nom spécial, parce qu'il devait être rapporté aux fibres libé-

riennes. M. Oudemans demande à M. Wigand quels seront les caractères de ce *prosenchyme corné*, attendu que, parmi ceux qui ont été indiqués, les uns manquent dans certaines plantes, et les autres dans d'autres plantes.

Mais il paraît avoir échappé aux deux auteurs qu'on a nullement affaire ici à un tissu nouveau, non encore décrit, mais à une modification des cellules grillagées de l'écorce secondaire, modification qui se produit, avec plus ou moins de rapidité, par l'effet de la pression à laquelle ces cellules sont soumises durant et après leur croissance, eu égard d'ailleurs à la solidité des parois et à la quantité du contenu liquide. Dans l'écorce secondaire à groupes irrégulièrement placés de fibres libériennes épaissies, l'assemblage de parois rapprochées entre elles, plissées et parfois plus ou moins soudées, affectera une disposition irrégulière, comme on le voit chez beaucoup d'espèces de *Prunus*. C'est pourquoi, dans les couches anciennes du liber, l'origine de ce prétendu prosenchyme corné n'est pas toujours facile à reconnaître; mais si l'on choisit une écorce à cellules et à fibres placées en couches régulières, et si l'on examine le liber tant dans ses parties les plus jeunes que dans les plus âgées, on aperçoit aisément que ce que M. Wigand a signalé comme un tissu nouveau se compose simplement de cellules treillissées et d'autres cellules allongées.

Déjà, en 1859, j'ai fait connaître ce tissu dans ma description de l'écorce du *Robinia Pseudoacacia* citée ci-dessus. Qu'on me permette de reproduire ici le passage suivant de ce mémoire (*Ned. Kruidk. Archief*, t. V, p. 23), à ce qu'il paraît, peu connu :

« Dans les couches les plus âgées ou les plus extérieures de cette partie (l'écorce), on trouve, entre les cellules parenchymateuses qui joignent immédiatement le faisceau libérien, une ou plusieurs raies incolores, qui ont l'aspect de cellules serrées l'une sur l'autre, dont le contenu aurait disparu, et dont les parois fortement pressées se seraient plus ou moins soudées entre elles. A mesure qu'on examine des couches plus jeunes, ces agglomérations se disjoignent, et laissent déjà çà et là des ouvertures

entre leurs éléments. Si l'on arrive dans des parties encore plus récentes, on voit les amas en question se résoudre peu à peu en parois d'une forme légèrement irrégulière et sinueuse. Enfin, entre les troisième, quatrième et cinquième rangées de faisceaux libériens, comptées à partir de l'intérieur, on reconnaît un tissu de cellules larges, à parois minces, parmi lesquelles se trouvent d'autres cellules également à parois minces, mais plus étroites. C'est dans la troisième rangée que ces cellules se voient le plus distinctement, et elles y ont un contenu jaune clair, coagulé en une masse unique.

» Si l'on étudie ensuite cette même partie de l'écorce sur une coupe longitudinale radiale, on rencontre, dans les couches les plus anciennes, les mêmes amas d'éléments confondus et non discernables. Dans les parties plus jeunes, ces amas deviennent moins serrés, et dans les troisième et quatrième rangées désignées ci-dessus, on voit clairement que les amas sont formés des cellules treillissées de M. de Mohl ou tubes cribreux de M. Hartig, dont le fin treillissage se distingue surtout aux extrémités.

» En suivant ainsi le développement des éléments à parois minces du liber, et les étudiant dans leurs états successifs, il devient donc évident que les raies énigmatiques, jaunes ou parfois jaunes-brunâtres, qu'on rencontre dans la vieille écorce du *Robinia*, ne peuvent être autre chose que les restes, chimiquement et physiquement modifiés, des parois des tubes cribreux et des fibres séveuses.

» J'insiste un peu sur ce point, parce que M. Hartig, le seul qui, à ma connaissance, ait fait mention de ces raies, en a donné une interprétation fausse. Dans ses écrits, il professe que les raies en question (dont il a aussi très-bien reconnu l'existence dans les genres *Pinus* et *Acer*) doivent être regardées comme les cellules-mères d'une couche de liége, bien que sa description elle-même l'ait presque conduit à la vérité. Il les décrit en effet comme « des stratifications verticales, irrégulières, d'une masse » ayant l'apparence de membranes soudées entre elles » ; mais, chose assez singulière, il les appelle *couche génératrice du liége*.

D'après l'ensemble de mes observations toutefois, les minces couches subéreuses du liber, dans le *Robinia* et dans d'autres espèces ligneuses, naissent constamment de cellules parenchymateuses, tandis que les amas membraneux jaunes ne sont rien autre chose que les parois affaissées des cellules treillissées qui n'ont qu'une faible consistance. »

Voilà ce que j'écrivais en 1859. Après avoir étudié ces jours-ci la question de nouveau, et avoir comparé avec soin mes préparations de cette époque et celles d'une date postérieure, j'ai trouvé mes vues d'alors entièrement confirmées.

RAMIFICATION
DU RHIZOME DE L'*ASPIDIUM QUINQUANGULARE*,

Par M. A. TRÉCUL.

(Lu à l'Académie des sciences le 17 avril 1871.)

Dans trois communications antérieures, j'ai annoncé que des rameaux de la tige sont dus, soit à des faisceaux qui d'ordinaire ne produisent que des racines, soit à de vraies racines, dont l'extrémité ou celle de leurs rameaux se modifie et devient une véritable tige (1). Jusqu'alors on avait attribué la ramification de l'axe des Fougères à la bifurcation de la tige si fréquente dans quelques-unes de nos espèces communes ou à la production de bourgeons adventifs tels qu'on les connaissait jusque-là.

De ces bourgeons adventifs ont été décrits par MM. H. Karsten (2), G. Kunze (3), W. Hofmeister (4), Stenzel (5) et Mettenius (6). L'espace ne me permet pas de rapporter ici les observations de chacun d'eux. Je ne puis que renvoyer à leurs travaux, dont je donne ci-dessous l'indication. Je dirai seulement qu'il a été signalé des bourgeons qui reçoivent de la plante-mère un seul, deux ou plusieurs faisceaux, des bourgeons dont la moelle communique avec celle de la tige qui les porte, et d'autres bourgeons pour la moelle desquels une telle connexion n'a pas lieu; mais il n'a pas été remarqué que, dans certaines Fougères, les bourgeons naissent, ainsi que je l'ai rappelé plus haut, de faisceaux qui ne produisent habituellement que des racines, de faisceaux à structure radiculaire, ou même de la modification de l'extrémité des racines elles-mêmes ou de leurs rameaux (7).

(1) *Comptes rendus*, t. LXX, p. 427, 489 et 589.

(2) Karsten, *Abhandl. der kön. Akad. der Wiss. zu Berlin*, 1847, p. 196 suiv.

(3) G. Kunze, *Bot. Zeit.*, 1849, p. 881.

(4) Hofmeister, *Beiträge*, etc. (*Abh. der math. phys. Cl. der kön. sächs. Gesells. der Wiss.*, Leipzig, 1857, t. III).

(5) Stenzel, *Astbildung der Farne* (*Flora*, 1859, p. 173).

(6) Mettenius, *Ueber den Bau von Angiopteris* (*Abh. der math. phys. Cl. der kön. sächs. Gesells. der Wiss.*, Leipzig, 1864, t. VI).

(7) En ce qui regarde les *Nephrolepis*, je crois indispensable de reproduire ici l'opinion de M. Kunze, qui dit (*loc. cit.*, p. 882) que la souche des *Nephrolepis undulata*, *exaltata* et *tuberosa* produit des *stolons* (*Auslöufer, stolones*) quelquefois longs d'une aune, dont l'extrémité se renfle en un tubercule terminé par un bourgeon qui,

Dans l'*Asplenium Serra*, le corps vasculaire, creusé en gouttière à sa base, fermé en tube à son extrémité, inséré à la base de chaque maille du système vasculaire de la tige, et qui ne produit ordinairement que les racines de la plante (environ une vingtaine près de son extrémité), se prolonge quelquefois en un bourgeon qui devient un nouveau rhizome. Dans le *Blechnum occidentale*, le faisceau à structure radiculaire, qui se transforme souvent en tige par son extrémité, ne produit habituellement que deux ou trois racines.

C'est d'un fait analogue au dernier principalement que je veux entretenir l'Académie. Il m'a été fourni par un rhizome d'*Aspidium quinquangulare;* mais dans cette plante le faisceau qui engendre le bourgeon ne donne ordinairement qu'une seule racine, et, ce qui ajoute encore à l'intérêt de cette transformation, c'est que le bourgeon ne se développe pas à une place déterminée. Il peut occuper des positions diverses, comme les racines elles-mêmes. Deux des trois bourgeons observés sur le rhizome que j'ai eu à ma disposition avaient chacun un siége différent. L'insertion du troisième, dont je n'ai pas eu la précaution de marquer la situation, après l'avoir coupé, ne put être distinguée avec certitude de celle des faisceaux radiculaires, tant la ressemblance est grande à la base de ces organes.

Une courte description du système vasculaire de la tige de l'*Aspidium quinquangulare* est nécessaire pour indiquer cette insertion. Ce système vasculaire forme un réseau à mailles allongées, se terminant en haut et en bas par un angle ordinairement très-aigu. Sur chacune de ces mailles est insérée une feuille, qui en reçoit trois ou cinq faisceaux, suivant la dimension de cette feuille. Le faisceau dorsal est fixé le plus souvent tout près de la base de chaque maille, ou rarement plus haut, sur le côté de l'un des faisceaux qui la constituent; deux autres faisceaux sont à quelque distance au-dessus, ou bien l'un d'eux sort de la base ou du côté dorsal de l'un des deux supérieurs, qui sont insérés vers la moitié des mailles ou quelquefois plus haut.

Les racines sont distribuées de la manière suivante : il y en a assez

après la mort du stolon, se développe en une plante nouvelle, quand les circonstances sont favorables. Par conséquent, ces stolons sont pour lui des tiges, ce qu'indique encore le mot *sarmenta* par lequel il les désigne également. M. Hofmeister paraît aussi partager cette opinion, puisqu'il fait naître de *bourgeons adventifs* les stolons des *Nephrolepis undulata* et *tuberosa* (*loc. cit.*, p. 651). Tous ces prétendus stolons que j'ai étudiés sur les *Nephrolepis platyotis, neglecta, exaltata*, et sur une espèce encore sans nom, avaient l'insertion, la structure et le volume des vraies racines de la plante-mère. Ils consistaient en racines plus ou moins longues produisant latéralement de courts rameaux à structure radiculaire comme elles, mais dont l'extrémité se change bientôt en ti[illegible] véritable.

souvent une au-dessous de chaque maille ou lacune foliaire, tantôt près de la base de celle-ci, tantôt à 1 ou 2 millimètres plus bas ; une autre est quelquefois située un peu au-dessus du sommet d'une maille, ou près de ce sommet sur l'un des faisceaux qui y aboutissent et le forment. Parfois aussi cette racine est insérée sur ce faisceau un peu plus bas que le sommet de la maille. Assez souvent il y a une racine derrière l'insertion des faisceaux supérieurs de chaque feuille, et, dans ce cas, cette racine semblait assez fréquemment représenter en même temps celle qui ordinairement est à quelque distance au-dessous de la maille placée plus haut. J'ai vu également quelques racines insérées derrière la base de l'un des faisceaux moyens d'une feuille, et dans un cas sur la base même d'un tel faisceau. Enfin, quelques racines occupent des positions indéterminées sur les faisceaux de la tige. J'ai une fois trouvé deux racines à la même hauteur au-dessous de la base d'une ouverture foliaire. En somme, cette insertion des racines adventives de l'*Aspidium quinquangulare* a beaucoup d'analogie avec celle que j'ai attribuée aux racines de l'*Aspidium Cunninghami* et de l'*Asplenium Lasiopteris*, avec lesquels j'aurais dû le citer pour cet objet (*Comptes rendus*, t. LXX, p. 428).

D'après le spécimen que j'ai eu dernièrement sous les yeux, il est évident que le rhizome de l'*Aspidium quinquangulare* peut se ramifier par la modification de ses faisceaux radiculaires, et il semble que l'un quelconque de ces faisceaux peut opérer cette ramification, puisque les deux bourgeons dont j'ai observé l'insertion avaient un point d'attache différent. Ainsi, l'un de mes bourgeons fut produit par la transformation d'un faisceau radiculaire situé à 1 millimètre au-dessous d'une des mailles ; tandis que l'autre fut donné par un faisceau radiculaire inséré à côté du sommet d'une autre maille, sur le haut d'un des faisceaux de la tige, qui fermaient cette maille en avant. Je ne dois pas omettre d'ajouter qu'il y avait une racine plus haut, précisément à la place qu'un tel organe occupe souvent au-dessous des mailles.

De même que dans le *Blechnum occidentale* que j'ai décrit (*Ann. sc. nat.*, à la page 247 de ce volume), le faisceau par lequel le bourgeon ou jeune rameau est attaché conserve à sa base exactement la constitution qu'il aurait eue s'il était resté à l'état radiculaire, c'est-à-dire la constitution d'un faisceau de racine à structure binaire ; il en a aussi la dimension, ayant de $0^{mm},30$ à $0^{mm},35$ de largeur, suivant son grand diamètre, qui est horizontal, sur $0^{mm},25$ en sens contraire, étudié à quelque distance au-dessus de sa base, dans la partie où il est le plus étroit. Un peu plus haut le petit diamètre vertical peut descendre de $0^{mm},25$ à $0^{mm},11$.

Ce faisceau, de même que celui de chaque racine, en traversant l'écorce du rhizome, a une direction oblique ascendante. La seule différence qui existe entre eux, c'est que le faisceau radiculaire proprement

dit s'atténue notablement à partir de sa base, tandis que le faisceau qui devient un bourgeon, après s'être atténué de même, s'épaissit graduellement un peu plus haut.

Tous les deux sont formés, un peu au-dessus du point d'insertion, d'un cordon de vaisseaux à section transversale elliptique, composé des vaisseaux les plus gros dans la partie moyenne qui est la plus considérable, et des vaisseaux grêles aux deux extrémités latérales. Ce cordon vasculaire est entouré, comme toujours dans les Fougères, par une zone de cellules appartenant au système du tissu dit *cribreux* ou *grillagé*.

Où le faisceau qui se change en bourgeon commence à grossir, le nombre des petits vaisseaux augmente d'abord aux extrémités latérales. La largeur du cordon vasculaire étant ainsi accrue, la multiplication des vaisseaux prend une autre direction. Elle tend à former une lame vasculaire courbe à travers la région moyenne du tissu cribreux sur chaque face du cordon vasculaire primitif, de manière que sur la face antérieure et sur la postérieure les côtés de chaque lame courbe reposent sur les petits vaisseaux, qui sont latéraux, comme je l'ai dit; mais chaque lame vasculaire reste incomplète à sa partie inférieure, en sorte que le tissu cribreux interne, enfermé plus haut sur chaque face du faisceau primitif par les lames vasculaires voûtées, est en communication par le bas de ces voûtes avec le tissu cribreux extérieur. Dans l'un des deux exemples que j'ai sous les yeux, le développement vasculaire s'étend, en s'élargissant de bas en haut, sur la face supérieure du faisceau primitif, du bord de gauche de celui-ci vers le bord de droite, et sur la face postérieure, du bord de droite vers celui de gauche, de façon qu'à une certaine hauteur la section transversale de ce corps vasculaire a la figure d'une S renversée (∽), et plus haut le développement vasculaire avançant toujours à travers le tissu cellulo-cribreux, finit par diviser celui-ci en deux parties sur chaque face du faisceau vasculaire central, l'une extérieure à chaque lame vasculaire courbe, et faisant partie du tissu cribreux périphérique, qui entoure tout le corps vasculaire proprement dit, l'autre intérieure, recouverte par la lame vasculaire courbe, et communiquant par en bas avec l'extérieure, comme il vient d'être exprimé.

Ainsi constitué, le corps cellulo-vasculaire du nouvel organe donne un peu plus haut naissance à une racine, vers laquelle il envoie à la fois de ses vaisseaux périphériques et de ses vaisseaux centraux plus larges, qui prolongent le groupe médian du faisceau primitif. Ces gros vaisseaux centraux de la tige, en déviant ainsi vers la racine, repoussent devant eux la colonne de tissu cellulo-cribreux qui les recouvrait de ce côté. Cette colonne cellulaire, chassée de la région voisine du centre, paraît aller se terminer au contact de la couche périphérique de même nature, au-dessous de l'insertion du faisceau radiculaire.

Par la disparition de cette colonne cellulaire et par la déviation des gros vaisseaux centraux vers la base de la racine, dans laquelle ils se prolongent, le milieu de la tige devient libre, ce qui permet à la seconde colonne cellulo-cribreuse interne de s'élargir, et de constituer le tissu central du nouveau rhizome (1).

Dans une de mes jeunes tiges, j'ai constaté que la déviation des vaisseaux vers la base de la première racine avait laissé dans le tube vasculaire, au-dessus de l'insertion de cette racine, un court espace dépourvu de vaisseaux, à travers lequel le tissu cellulo-cribreux central était mis en communication avec celui de la périphérie. Mais cette interruption cessait bientôt, et le système vasculaire du jeune rhizome restait ensuite tubuleux jusqu'à la première ouverture foliaire.

Celle-ci, dans un de mes jeunes rameaux, apparaissait un peu au-dessus de la première racine; dans un autre, elle ne se montra qu'au-dessus de la deuxième racine. De même que dans les bourgeons du *Blechnum occidentale* et de l'*Alsophila aculeata*, elle ne se présente pas toujours dans la même direction. Dans un cas, elle avait lieu vers la face supérieure, quoique un peu vers la gauche; dans l'autre cas, vers la face inférieure, un peu aussi vers la gauche.

Dans ces deux rameaux, chaque ouverture foliaire portait trois faisceaux pétiolaires. Le plus jeune de ces deux rameaux n'ayant pas encore de feuille reconnaissable comme telle, les faisceaux pétiolaires se terminaient en s'unissant dans une éminence du tissu cortical à la surface de la tige.

L'autre rameau, qui avait 42 millimètres de longueur, portait quatre feuilles à divers degrés de développement, et l'une d'elles, bien conformée,

(1) Cette prolongation des vaisseaux centraux dans la première racine semble achever de prouver (s'il avait pu subsister encore quelque doute) que le faisceau primitif, *à structure et à insertion radiculaires*, autour duquel s'est constitué le système vasculaire du nouveau rhizome, est bien réellement de nature radiculaire, puisque les gros vaisseaux du centre, qui avaient été jusque-là conservés, vont se continuer dans la première racine, exactement à une place correspondante à celle qu'ils occupaient dans le faisceau qui a produit le rhizome; ou, si l'on veut, la première racine latérale est la prolongation du faisceau primitif autour duquel s'est organisé le système vasculaire du rhizome d'une façon si singulière, par une amplification, en quelque sorte, des deux groupes de petits vaisseaux latéraux. Cela est si vrai qu'à l'insertion de la première racine nous voyons la contre-partie se produire : les gros vaisseaux centraux du faisceau primitif se prolongent au centre de la racine, tandis que les petis vaisseaux de celle-ci sont le résultat de la déviation d'un petit nombre de ceux de la tige. — Cet exemple, si remarquable, joint à ceux qui ont été donnés par le *Blechnum occidentale* et les *Nephrolepis*, dans lesquels tous les tissus divers du faisceau primitif se prolongent dans la base de la tige produite, semble ne rien laisser à désirer pour la démonstration de ma proposition.

avait 15 centimètres de longueur. Le faisceau dorsal de chacune d'elles s'insérait au fond ou près du fond de chaque maille, et les deux supérieurs vers la moitié de la hauteur de celle-ci ou un peu plus haut. Ces faisceaux pétiolaires avaient la constitution que je leur ai attribuée en parlant de cette plante à la page 487 du tome LXX des *Comptes rendus* et à la page 239 de ce volume des *Annales*. Chacun était pourvu d'un groupe de vaisseaux trachéens. Dans les faisceaux supérieurs, ces trachées étaient placées sur le côté antérieur, recouvert par le crochet; dans le faisceau dorsal, elles étaient, comme d'habitude, sur la face interne. En suivant ces vaisseaux par en bas, au-dessous de l'insertion des faisceaux pétiolaires, on trouvait le petit groupe trachéen près du bord de la maille jusqu'au fond de celle-ci. Là les deux groupes trachéens des deux côtés de l'ouverture foliaire, unis au petit groupe du faisceau dorsal, peuvent être poursuivis jusqu'à une certaine distance dans le gros faisceau qui clôt cette maille par en bas, absolument comme je l'avais vu déjà dans la tige vigoureuse beaucoup plus âgée, dont j'ai parlé antérieurement (*l. c.*).

Les faisceaux foliaires, comme dans la plante âgée, étaient accompagnés, sur leur face interne, d'une corde de cellules noires. Ces cordes se prolongeaient par en bas dans la jeune tige, chacune au-dessous de l'insertion du faisceau auquel elle appartenait; elles suivaient le bord de la maille jusqu'à l'extrémité inférieure de celle-ci, où elles se réunissaient à celle du faisceau pétiolaire dorsal, laquelle commençait seulement à se former au-dessous des plus jeunes feuilles Ainsi réunies, elles se terminaient en un cône renversé, à peu près à la hauteur à laquelle finissaient les trachées, comme je l'ai dit déjà.

Ces cordes noires sont composées de cellules de forme parenchymateuse, à parois épaisses. Quand, dans un organe suffisamment âgé, ces cellules sont fortement épaissies, elles peuvent à la fin ne conserver au centre qu'une cavité fort rétrécie, et leurs parois sont traversées par des pores étroits et assez souvent ramifiés. Elles rappellent dans cet état, à part leur coloration, les cellules dites *scléreuses* de certains Phanérogames.

Ces cellules noires, même à une période avancée de leur épaississement, peuvent être pleines de grains amylacés ovoïdes ou elliptiques, comme en sont remplies les utricules du parenchyme voisin. Les cellules superficielles de chaque cordon ne sont souvent ni épaissies, ni noires sur le côté contigu aux cellules parenchymateuses adjacentes.

Ces cordes noires s'étendent par en haut dans la partie inférieure du pétiole, où elles disparaissent à une certaine hauteur, à peu près entre le tiers et la moitié de cet organe, et elles ne s'affaiblissent qu'après qu'il a été produit une gaîne noire complète autour de chaque faisceau.

A la base du pétiole, ces cordes noires sont placées, comme dans la tige

à la face interne des faisceaux. Déjà dans la partie inférieure renflée du pétiole, on remarque que les cordes noires ont de la tendance à s'élargir. De la substance noire est sécrétée par quelques utricules, dans la paroi contiguë aux cellules superficielles du faisceau. Cette apparition de la matière colorante commence souvent au point de jonction de trois cellules, et s'étend ensuite sur toute la paroi du côté indiqué (1). Cette sécrétion a lieu d'abord dans la strate commune à des cellules contiguës, et fréquemment cette strate semble s'épaissir et refouler la membrane interne des cellules voisines. C'est sans doute cette apparence qui a fait dire à C. Sprengel que la membrane noire envoie des processus aigus entre les cellules qui entourent le faisceau ; et, en outre, comme la coloration noire envahit souvent aussi la strate interne de chaque utricule restée d'abord incolore (et susceptible de se colorer en bleu par l'iode et l'acide sulfurique), M. Karsten a pu dire que « l'épaississement de la membrane précède toujours le changement de couleur ». Pour M. Mohl, la coloration est due à une infiltration qui remplit quelquefois entièrement les cavités cellulaires. Je reviendrai dans une autre occasion sur ce fait intéressant d'anatomie physiologique.

L'extension de l'épaississement noir autour des faisceaux pétiolaires supérieurs de l'*Aspidium quinquangulare* s'effectue de bas en haut et du bord antérieur de la corde noire, en avançant sur la face externe libre du faisceau, vers le bord postérieur de la même corde noire. La gaîne complète une fois constituée, la corde noire s'affaiblit graduellement et finit par disparaître tout à fait. Dans toute la longueur de la feuille, l'épaississement noir qui compose cette gaîne n'embrasse qu'assez rarement tout le pourtour de quelques-unes des cellules constituantes. Il est le plus fréquemment limité à la face contiguë au faisceau et à une partie des côtés de chaque cellule, la face la plus éloignée du faisceau restant incolore.

Outre les cellules noires des cordes dont il vient d'être question, la tige de l'*Aspidium quinquangulare* en contient d'autres d'une forme différente. Ce sont des cellules fibreuses, se remplissant de grains d'amidon en cette saison comme les cellules du parenchyme. Elles occupent, d'une part, le centre de la moelle, où elles forment une colonne assez considérable, et, d'autre part, comme dans beaucoup d'autres Fougères, la périphérie de l'écorce. Dans l'*Aspidium quinquangulare*, la colonne fibreuse centrale est unie à la zone fibreuse périphérique dans l'aisselle de chaque feuille à travers l'ouverture foliaire.

(1) Dans quelques plantes, la sécrétion et l'épaississement noir commencent dans les parois latérales (radiales par rapport au faisceau) des cellules signalées, et alors est dessiné souvent par la matière noire un élégant réseau visible sur des coupes longitudinales (*Diplazium striatum*, *Asplenium fœniculaceum*).

Comme dans la généralité des cas, ces cellules fibreuses ont les parois formées de couches diversement colorées, ainsi que l'a observé M. Mohl. Il y a une membrane superficielle (par rapport à chaque fibre) ordinairement intermédiaire ou commune aux cellules contiguës, qui est rouge de Mars foncé, tandis que les couches internes de chaque cellule ou fibre sont colorées en jaune brillant.

Le parenchyme interne est communément incolore dans cette plante, mais les deux ou trois rangées de cellules parenchymateuses qui recouvrent la zone fibreuse extérieurement sont colorées en brun, quoique à parois minces. Le parenchyme incolore est assez abondant entre les faisceaux et les deux formations fibreuses dans les parties les plus volumineuses du rhizome; mais dans la base rétrécie de celui-ci, il peut être réduit à deux ou trois rangées de cellules, ou même tout à fait nul.

Je terminerai cette communication en rappelant que j'ai décrit le mode de ramification des pétioles de l'*Aspidium quinquangulare* à la page 669 du tome LXX des *Comptes rendus*, et à la page 265 de ce volume des *Annales*.

DES VAISSEAUX PROPRES ET DU TANNIN

DANS QUELQUES FOUGÈRES,

Par M. A. TRÉCUL.

(Lu à l'Académie des sciences, séance du 29 mai 1871.)

Dans son mémoire intitulé : *De structura caudicis Filicum arborearum* (*Icon. sel. pl. crypt. bras. Mart.*, p. 49), M. Mohl a signalé, dans les diverses couches de cellules parenchymateuses de la tige des Cyathéacées, de grandes cellules à membranes minces, qui sont quelquefois isolées, le plus souvent disposées en séries longitudinales, irrégulièrement dispersées, et pleines d'une matière résineuse rouge. Cette matière, dit-il, n'est pas de la vraie résine, car elle n'est pas soluble dans l'esprit-de-vin, ni de la vraie gomme, car l'eau ne la dissout pas ; mais elle est facilement dissoute par un mélange des deux liquides.

Suivant Meyen (*Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte*, Berlin, 1835, t. I, p. 167), les organes que M. Mohl regarde comme des cellules pleines d'une matière gommo-résineuse, n'ayant pas de parois propres, ne sont pas de grandes cellules particulières, mais des cavités dans le tissu cellulaire, qui sont tout à fait semblables à celles du parenchyme des Cactus (1).

En 1847, M. H. Karsten (*Abhandl. der kön. Akad. der Wiss. zu Berlin*, p. 205) décrivit des cellules à gomme existant dans le parenchyme de la

(1) En cela Meyen se trompe deux fois : 1° parce que les organes décrits par M. Mohl sont bien des cellules ; 2° parce que le mucilage des Cactées est aussi renfermé dans des cellules, et elles diffèrent beaucoup de celles des Cyathéacées. J'en ai donné, dans *l'Institut* de 1862, à la page 316, une description que je demande à l'Académie de reproduire ici : « Les cellules mucilagineuses des Cactées, qui offren également une fort belle stratification se développant aussi de la circonférence au centre, mais dont je n'ai pas vu l'origine, contiennent aussi quelquefois de telles cellules secondaires (*Phyllocactus guyanensis*, *Cereus triangularis*). Mais ici elles ont une position fort singulière. Ces jeunes cellules ne se développent pas dans le liquide central de la cellule-mère, comme celles du *Tilia corallina ;* elles naissent entre les couches concentriques de l'épaississement. J'en ai compté jusqu'à onze à divers degrés d'évolution dans une même cellule du *Phyllocactus guyanensis*. Les unes ne formaient qu'un simple nucléus homogène, les autres étaient pourvues de plusieurs couches concentriques, qui les remplissaient complétement. Quelques-unes avaient 4 et 5 centièmes de millimètre de diamètre, c'est-à-dire la dimension d'assez grandes cellules »

tige des *Cyathea aurea*, *Alsophila microphylla*, etc. Dans beaucoup d'espèces, dit-il quelques lignes plus haut, ces cellules gommeuses sont souvent grandes et superposées en séries; leurs cavités sont fréquemment réunies par la liquéfaction des parois de séparation, de sorte que l'on a la forme des fibres (tubes continus) à suc laiteux (*Alsophila pruinata*), ou celle de vaisseaux gommeux, quand les cellules du parenchyme qui entourent immédiatement ces fibres prennent part à la sécrétion de la gomme. L'auteur ajoute que, dans ce liquide gommeux, se trouvent de petites cellules dont le contenu trouble est coloré en noir par les sels de fer. C'est, suivant lui, dans l'intérieur de ces petites cellules qu'aurait lieu la production du tannin. M. Karsten observa aussi des vaisseaux gommeux dans la tige, dans les feuilles et dans les racines des Marattiacées, et il pense que les cellules qui entourent les fibres simples prennent part à la sécrétion de la gomme.

Dans ses *Recherches sur l'anatomie, l'organogénie et l'histogénie du genre Angiopteris* (*Monogr. des Marattiacées*, par W. H. de Wriese, 1853), M. P. Harting a distingué deux sortes de canaux dans la tige, les feuilles et les racines d'un *Angiopteris* déterminé avec doute (*A. Teysmanniana?*) : 1° Des canaux ramifiés, communiquant entre eux, revêtus intérieurement d'une sorte d'épithélium composé de petites cellules faisant saillie dans le canal; ces canaux, épars dans le parenchyme, contiennent une substance semi-fluide, incolore et diaphane, que l'auteur considère comme de la pectine. 2° Des *canaux intercellulaires*, sans parois propres, nullement ramifiés, contenant un suc brun ou jaunâtre avec de très-petites molécules en suspension, canaux qu'il a observés dans la couche ligneuse des faisceaux (p. 38), dans le *liber* du rachis (p. 46 et 47), dans le parenchyme des nervures médianes des folioles (p. 48). M. Harting ne signale de tannin que dans les canaux à suc jaunâtre de la racine, et dans de petites cellules du même organe (p. 41 et 42).

Que doit-on accepter pour vrai dans ces diverses assertions? Je vais essayer de l'indiquer. C'est, d'abord, que dans les pétioles des *Angiopteris evecta* et *Willinckii*, il y a deux sortes de vaisseaux à suc propre : 1° De véritables canaux à suc mucilagineux, sans membrane propre, revêtus d'un épithélium, comme ceux qu'a vus M. Harting dans l'espèce qu'il examinée; ils sont épars dans le parenchyme, où ils se ramifient et s'anastomosent. Mais cette première sorte de vaisseaux propres n'existe pas dans les racines des *Angiopteris evecta* et *Willinckii*. Existent-ils réellement dans celles de l'espèce observée par M. Harting? j'examinerai cette question un peu plus loin. 2° Des vaisseaux propres tannifères consistant [dans ce que M. Harting nomme *liber* du rachis (c'est la couche fibreuse externe du pétiole), dans le parenchyme et quelquefois dans la couche du tissu dit *cribreux*], non en canaux continus sans membrane, comme le

pense le botaniste que je viens de nommer, mais en séries de grandes cellules allongées, superposées, souvent longues d'un millimètre et plus (1) et à parois de séparation horizontales ou plus ou moins obliques.

M. Harting, qui n'a point signalé ces séries de cellules dans les racines de la plante qu'il a étudiée, les aurait-il confondues avec les canaux pectinifères qu'il dit exister de ces organes? Sa description semble autoriser ces doutes, car il dit que, sur une section transversale, on ne distingue pas aussi bien les cellules épithéliales que sur une section longitudinale, à cause de la ressemblance de ces cellules avec les autres utricules de l'écorce. Il est à remarquer que, dans le pétiole, les cellules épithéliales des vaisseaux propres non tannifères des *Angiopteris evecta* et *Willinckii* sont éminemment différentes des autres cellules du parenchyme voisin, étant infiniment plus petites; et que, dans les racines de ces deux plantes, les cellules à tannin sont beaucoup plus larges que les autres cellules de l'écorce; de plus, elles sont ordinairement anguleuses, parce qu'elles sont comprimées par les cellules environnantes, en sorte qu'un esprit prévenu pourrait fort bien prendre pour cellules épithéliales les utricules du parenchyme qui refoulent ainsi les parois des cellules à tannin. Toutefois, n'ayant pas vu les racines de l'espèce examinée par M. Harting, j'émets ces réflexions seulement afin d'engager à étudier la plante décrite par cet anatomiste.

Je crois devoir faire remarquer encore, à l'égard de ces deux formes de vaisseaux à suc propre, que M. Karsten, qui cite comme exemples les Marattiacées, sans en signaler une en particulier, ne paraît y admettre que des canaux gommeux continus, puisqu'il les désigne par le mot *fibre* (*Faser*), qui, pour lui, signifie tube à structure des vaisseaux du latex à membrane continue. Et pourtant, dans les vaisseaux tannifères des *Angiopteris evecta* et *Willinckii*, ainsi que dans ceux du *Marattia Kaulfussii*, qui ont la même constitution, j'ai constamment observé la présence des parois de séparation des cellules composantes, et les canaux mucilagineux *non tannifères* ont une tout autre organisation et une origine évidemment différente, ainsi que j'ai pu le constater dans de très-jeunes pétioles de *Marattia Kaulfussii*.

(1) Dans le pétiole de l'*Angiopteris evecta*, j'ai mesuré quelques cellules à tannin dans le voisinage du tissu fibreux périphérique; elles avaient de $1^{mm},05$ à $1^{mm},35$ de longueur sur $0^{mm},03$, $0^{mm},06$ ou $0^{mm},09$ de largeur. Dans l'écorce de la racine, j'en ai noté de $1^{mm},00$ à $1^{mm},50$ de longueur sur $0^{mm},07$ à $0^{mm},20$ de largeur. — Dans le pétiole de l'*Angiopteris Willinckii*, j'en ai mesuré qui avaient $1^{mm},55$ à $2^{mm},05$ de longueur sur $0^{mm},05$ à $0^{mm},15$ de largeur. Dans la racine, il y en avait de $0^{mm},80$ sur $0^{mm},20$; $0^{mm},70$ sur $0^{mm},24$; $0^{mm},60$ sur $0^{mm},16$; $0^{mm},45$ sur $0^{mm},18$; $0^{mm},38$ sur $0^{mm},23$. Les cellules du parenchyme environnant étaient oblongues et n'avaient que $0^{mm},05$ à $0^{mm},08$ de largeur.

Dans de jeunes feuilles de cette plante, en effet, longues de 7 à 8 millimètres seulement, des canaux mucilagineux étaient en voie de formation dans le parenchyme du pétiole. Les cellules de ce tissu renfermaient déjà des granules amylacés, encore peu nombreux, il est vrai, dont les plus gros n'avaient que $0^{mm},0025$ à $0^{mm},003$. C'est aux dépens de ces cellules amylacées que sont formés les canaux à mucilage non tannifère. Dans des colonnes de trois ou quatre séries de ces cellules, celles-ci se divisent en utricules plus petites, pendant que leur contenu se modifie. Néanmoins de petites cellules qui paraissent avoir été ainsi produites contiennent encore des grains d'amidon. Au milieu de chaque colonne de ces petites cellules apparaît une cavité de forme très-irrégulière. Plus tard la cavité s'agrandit en apparence par la disparition de la totalité ou de la majeure partie de ces petites cellules. Quand il en reste au pourtour de la cavité, elles n'y ont guère le caractère des cellules épithéliales, car elles sont très-inégales et de formes variées. Il n'en existe parfois que sur une partie du pourtour du canal, et assez souvent pas du tout sur les coupes transversales ; les grandes cellules amylacées bordent alors seules la cavité. Quand il subsiste de ces cellules, elles affectent fréquemment une forme globuloïde, saillante dans cette cavité; d'autres fois elles forment, en travers de celle-ci, des files dont certaines cellules renflées sont beaucoup plus volumineuses que les autres.

La racine du *Marattia Kaulfussii*, en opposition avec ce qui existe dans les racines des *Angiopteris evecta* et *Willinckii*, présente à la fois les deux sortes de vaisseaux propres. Le parenchyme cortical est partagé en deux zones presque égales, l'une externe, un peu plus étroite, sans amidon et translucide par défaut de méats entre ses cellules ; elle représente, sans aucun doute, la couche subéreuse, à cellules se multipliant par division en séries radiales, de la racine de l'*Angiopteris evecta*. La couche interne de cette écorce est sombre, parce que ses cellules, pourvues de grains amylacés, ont entre elles des méats pleins de gaz. C'est dans la région moyenne de cette couche que sont mêlées des séries de cellules tannifères, à suc assez souvent rouge-brique, à des canaux à contenu incolore, purement mucilagineux, sans tannin. Ces derniers, étroits ou d'assez large dimension relative, sont fréquemment comprimés parallèlement à la circonférence de la racine, surtout les plus gros (1).

Il ne me paraît pas sans intérêt de mentionner qu'entre les séries de cellules à tannin et les faisceaux vasculaires rayonnant du centre de la

(1) Les plus grands canaux mucilagineux sans tannin avaient jusqu'à $0^{mm},35$ suivant le grand diamètre, et $0^{mm},20$ suivant le petit ; les plus étroits avaient environ $0^{mm},10$. Des cellules à tannin des racines de ce *Marattia*, disposées en séries, et bout à bout plus ou moins obliquement, quelquefois juxtaposées par leurs extrémités latérales, ont

racine j'ai quelquefois remarqué un rapport de quantité, quoique les cellules à tannin fussent assez irrégulièrement réparties. Ce rapport était comme 1 : 2. Dans une racine qui avait cinq faisceaux, il y avait dix séries de cellules tannifères; dans une autre racine qui avait six faisceaux, il y avait douze files de cellules à tannin. Mais ce rapport, ne s'étant pas montré constant, a besoin d'être étudié sur un plus grand nombre de racines que celui dont j'ai pu disposer.

Cette circonstance m'amène à rappeler les rapports qu'ont les vaisseaux propres d'un assez grand nombre de végétaux avec les vaisseaux ponctués, rayés, réticulés ou spiraux de ces mêmes plantes. Dans beaucoup de cas, j'ai constaté la contiguïté des deux sortes d'organes; dans des cas moins nombreux, j'ai observé leur communication directe par des ouvertures; ailleurs il y a seulement des pores plus ou moins larges fermés par une membrane de séparation. Dans quantité de végétaux, j'ai observé la présence du suc propre dans les vaisseaux ponctués, rayés, réticulés ou spiraux, sans apercevoir de points de contact entre les deux ordres d'organes, et cela dans des conditions dans lesquelles il me semblait que le latex n'avait pu être introduit par un accident de préparation. Parmi les exemples que j'ai cités, je ne rappellerai ici que celui qui fut donné par les *Musa*, dont les vaisseaux spiraux renferment quelquefois du suc tannifère.

Un tel exemple est offert par une feuille d'*Angiopteris Willinckii* que j'ai en ce moment à ma disposition. Dans tous les faisceaux du pétiole de cette feuille en voie de mourir, un grand nombre de vaisseaux, presque tous, sont remplis de suc tannifère, qui noircit promptement dans la solution ferrugineuse, tandis que le suc des vaisseaux propres de l'écorce ne noircit, chez la plupart, qu'après une macération prolongée. En outre, du suc n'a certainement pas été épanché par les sections transversales; il n'a donc pu pénétrer accidentellement dans ces vaisseaux, d'autant moins que, ainsi que je viens de le dire, les vaisseaux propres qui le renferment d'ordinaire sont formés de cellules superposées et closes. Au contraire, dans les racines, qui jouissent d'une grande vitalité, le tannin noircit tout de suite dans les nombreux vaisseaux propres des parties qui environnent le système des vaisseaux dits *lymphatiques* par certains auteurs, simplement *aérifères* par d'autres, dans lesquels le suc chargé de tannin est rare.

Il me semble que des exemples de cette nature mettent hors de doute

donné les mesures suivantes : 1mm,70 sur 0mm,10; 1mm,50 sur 0mm,09; 1mm,10 sur 0mm,10; 1mm,05 sur 0mm,10. Il y en a aussi qui sont isolées, fusiformes, plus ou moins aiguës aux deux bouts. Elles ont donné : 0mm,75 sur 0mm,035; 0mm,85 sur 0mm,025; 1mm,05 sur 0mm,03; 1mm,00 sur 0mm,12; 1mm,31 sur 0mm,10.

que les vaisseaux poreux, rayés, réticulés et spiraux, ne sont pas exclusivement destinés à charrier des gaz.

Un nouvel exemple du contact des vaisseaux propres et du système vasculaire proprement dit m'a été offert par l'*Alsophila aculeata* J. Sm. et par le *Cyathea medullaris* Sw. J'ai vu assez souvent que les faisceaux intra-médullaires arrivent au contact des séries de cellules du suc propre, qu'ils embrassent en partie, en se pressant à leur surface, sur laquelle ils se disposent en demi-cercle ou en quart de cercle. Je dois avouer toutefois que je n'ai pu encore m'assurer du contact immédiat des vaisseaux propres et des vaisseaux scalariformes.

Ces vaisseaux propres des Cyathéacées, dans lesquels M. Karsten a indiqué l'existence du tannin, sont les grandes cellules spéciales désignées par M. Mohl comme renfermant un suc rouge gommo-résineux. Je n'ai jamais vu les séries de cellules qui les composent prendre la forme tubuleuse comparable à celle des vaisseaux du latex à membrane continue, que M. Karsten dit avoir observée. Je n'ai constaté la disparition des parois de séparation que sur des espaces très-limités, ne comprenant tout au plus que quelques cellules dans les parties les plus âgées de ces séries d'utricules.

Je ne voudrais pas infirmer sous ce rapport les assertions de M. Karsten, qui a pu se trouver dans des conditions plus favorables pour cette observation. Cependant j'ai rencontré des faits qui ne concordent guère avec ceux qu'il décrit, qui semblent attester un état de choses resté inconnu jusqu'à ce jour, et qui rappellent, sous une autre forme, ce que je disais dans ma dernière communication des cellules à suc propre des Aloès. C'est que, dans le même tissu parenchymateux, il y a à la fois des cellules à suc propre en voie d'accroissement, des cellules en état de parfait développement, et des cellules en voie de disparition par la résorption de leur contenu. Comme dans les Aloès, ces divers états sont caractérisés par des colorations différentes. Pour mieux embrasser le phénomène dans son ensemble, je vais indiquer quelques-unes des propriétés des cellules du parenchyme dans lequel ces changements s'accomplissent.

Le suc de toutes les cellules du parenchyme incolore est rendu visqueux par une matière que l'alcool contracte en une masse au centre de la cellule. Ce précipité se dissout ou plutôt s'étend dans l'eau; il disparaît aussi dans l'ammoniaque en se gonflant de la même manière. Le contenu des jeunes cellules du suc propre jouit des mêmes propriétés tant qu'il est incolore. Il semble seulement, à première vue, que la substance visqueuse y soit plus abondante que dans les cellules du parenchyme; mais aussitôt que le suc des cellules spéciales commence à se colorer, il perd de son apparente solubilité dans l'eau et dans l'ammoniaque,

et bientôt cette faculté de s'étendre dans ces véhicules a complétement disparu.

Le premier état de la substance visqueuse, incolore, soluble ou extensible dans l'eau, paraît très-persistant dans la tige de l'*Hemitelia horrida*. C'est au moins ce que j'ai observé dans toute l'étendue du parenchyme encore vivant d'une tige dont le bourgeon terminal seul était mort. En effet, toutes les cellules du suc propre y étaient incolores, et ce suc jouissait de sa viscosité et de son apparente solubilité jusqu'à environ 40 centimètres du sommet de la tige, étendue qu'avait la partie bien conservée du parenchyme. De plus, ces cellules spéciales étaient à peu près complétement dépourvues de tannin ; elles devenaient seulement gris bleuâtre pâle au contact de la solution de sulfate de fer, même après une exposition à l'air; et elles semblaient être à l'état attribué par **M. Mohl** aux cellules de même nature dans toutes les espèces qu'il a examinées, c'est-à-dire disposées en séries irrégulières, ou groupes en apparence isolés les uns des autres, sans connexion aussi manifeste que dans les exemples que je vais citer.

Il n'en était pas de même dans les tiges d'*Alsophila aculeata* et de *Cyathea medullaris* que j'ai mentionnées dans une précédente séance, non plus que dans une belle tige de *Balantium antarcticum*. Dans ces tiges, les cellules du suc propre formaient certainement un réseau étendu dans toutes les parties du parenchyme.

Dans la tige de *Cyathea medullaris* qui était jeune, le suc propre était incolore dans toutes les cellules, mais devenait d'un beau bleu, quoique peu foncé, en présence du sulfate de fer.

Dans l'*Alsophila aculeata* J. Sm., ces cellules à suc visqueux, en séries simples ou multiples, et composées alors d'un nombre variable d'utricules dans la même colonne à des hauteurs différentes, acquièrent quelquefois des dimensions considérables. A côté de cellules du parenchyme ayant environ $0^{mm},10$ de diamètre, les cellules du suc propre ont assez souvent jusqu'à $0^{mm},25$ et plus. Dans une série exceptionnelle sous le rapport du volume des utricules constituantes, j'en ai mesuré qui avaient $0^{mm},42$ sur $0^{mm},45$; $0^{mm},60$ sur $0^{mm},50$; $0^{mm},65$ sur $0^{mm},52$; $0^{mm},58$ sur $0^{mm},52$; $0^{mm},62$ sur $0^{mm},45$, et $0^{mm},42$ sur $0^{mm},58$. Ces cellules avaient des contours bien arrondis et formaient de beaux ellipsoïdes. Cette configuration est, du reste, le caractère de cellules en pleine vigueur. Plus tard, quand elles perdent leur activité, elles sont comprimées par les cellules voisines, et deviennent anguleuses, comme je le dirai tout à l'heure.

Dans cet *Alsophila*, le contenu de ces cellules, d'abord incolore, est presque dépourvu de granulations, presque homogène par conséquent, ou bien il est très-finement granuleux et diversement teinté, depuis le

jaune ocracé très-pâle ou plus ou moins foncé, ou l'orangé clair, jusqu'au brun noirâtre. Placé en présence d'une solution de sulfate de fer, et exposé à l'air, il devient brun, légèrement violacé, s'il est incolore ou peu coloré, et passe au noir opaque et non au bleu.

Assez souvent toutes les cellules d'une même série contenaient une bulle de gaz plus ou moins volumineuse, occupant le centre de la cavité et la majeure partie de celle-ci. Le suc, finement granuleux, coloré ou non, était réparti autour de cette bulle.

Ces séries de cellules, en s'anastomosant, forment des mailles, et constituent un système dont les parties les plus âgées se détruisent sur des points divers de la même région de la plante, tandis qu'autour de ces cellules en voie de destruction, des utricules du parenchyme voisin se modifient, grandissent et suppléent bientôt celles qui ont disparu.

C'est dans les parties ainsi vieillies qu'on trouve parfois, sur de courts espaces, l'absence des parois transversales dans les colonnes du suc. Ces colonnes fortement teintées, ou les cellules qui les composent, quand elles sont encore visibles, ayant moins d'activité que les cellules environnantes, sont comprimées par elles, et leur suc résorbé disparaît graduellement. Il n'est pas rare de rencontrer de ces colonnes de suc réduites à l'apparence d'un méat étroit et anguleux, finissant en pointe, comme en montre la planche que je mets sous les yeux de l'Académie.

La tige du *Balantium antarcticum* offre un beau type de ce système des cellules du suc propre, avec tous les caractères généraux que je viens de tracer.

Quoique appartenant à une tribu différente, cette plante montre, dans la distribution des éléments parenchymateux, fibreux et vasculaires de la tige, une analogie marquée avec celle qui existe dans les Cyathéacées. A part l'absence des faisceaux intramédullaires et une insertion autre du système vasculaire du pétiole, on y trouve, en effet, un tube vasculaire continu n'offrant çà et là que des ouvertures foliaires relativement étroites, et sur ses deux faces, à quelque distance, une couche fibreuse noire, dont il est séparé par une mince couche de parenchyme, comme dans les Cyathéacées. A la périphérie de la tige est une strate cellulo-fibreuse brune, semblable à celle qui existe dans ces dernières plantes et dans beaucoup d'autres Fougères.

C'est dans le parenchyme interposé à ces diverses zones que sont distribuées les cellules à suc propre qui nous occupent, et en cela il y a analogie parfaite de disposition dans les végétaux que je viens de nommer.

Cette disposition, étudiée au sommet de la tige du *Balantium antarcticum* en voie d'accroissement, s'y montre comme un système qui, sur les coupes transversales, apparaît comme des séries sinueuses de points

un peu espacés, translucides quand on les voit à la loupe par transmission de la lumière, et comme des points sombres quand on les examine par réflexion. On trouve au moins une ligne de ces points, ordinairement deux concentriques, autour du jeune système vasculaire de la tige et du pétiole. Il y en a aussi une série en dedans de la zone utriculaire qui doit constituer la couche fibreuse noire interne. A la base des pétioles, où le système vasculaire de la tige et la zone fibreuse (ou qui doit devenir telle) pénètrent dans ces organes, le système des cellules du suc propre suit leurs circonvolutions, et, où le système fibreux et vasculaire se partage en faisceaux pétiolaires, les séries internes des cellules du suc propre se mettent en communication avec celles de l'écorce du pétiole.

Dans la plante adulte, un examen attentif fait découvrir une série de ces points vers la périphérie du parenchyme cortical, une autre près de la surface du système fibreux ; de plus, il y en a une série sous chaque lame fibreuse externe, une autre entre la lame vasculaire et la strate fibreuse interne; enfin, de ces points en grand nombre sont répandus dans la moelle, et partout on aperçoit des indices de la réticulation (1).

Comme dans les plantes précédentes, le contenu visqueux et incolore de ces cellules est extensible dans l'eau, et au contraire un peu contracté dans l'alcool, qui y produit de fines granulations, que l'eau fait disparaître ensuite en gonflant la substance.

En commençant à se colorer, ce suc perd aussi son apparente solubilité. Il passe successivement du blond ou jaune clair à l'orangé vif, puis au rouge-brun foncé. Et ces diverses teintes s'observent non pas seulement dans des séries différentes, mais dans les cellules d'une même série, où l'on voit la teinte se foncer graduellement d'une cellule à une autre, et il est assez fréquent de rencontrer des séries de cellules incolores anastomosées avec des séries du plus bel orangé ou de teintes plus foncées. C'est qu'ici, comme dans l'*Alsophila aculeata*, il y a apparition de nouvelles cellules du suc propre pendant que les anciennes disparaissent.

Ici également les jeunes cellules ont les contours plus arrondis que celles d'un âge plus avancé. En vieillissant, ces cellules s'affaissent, deviennent anguleuses sous la pression des voisines, au point de contact de deux de ces dernières. Elles continuent de se vider par la résorption de leur suc, et finissent par disparaître, après avoir été réduites, comme

(1) J'ai trouvé, dans la même série de ces utricules, les dimensions suivantes : $0^{mm},18$ sur $0^{mm},12$; $0^{mm},22$ sur $0^{mm},13$; $0^{mm},22$ sur $0^{mm},15$; $0^{mm},20$ sur $0^{mm},11$; $0^{mm},25$ sur $0^{mm},13$. Les cellules du parenchyme voisin avaient environ $0^{mm},07$ à $0^{mm},08$.

je l'ai déjà dit des cellules de l'*Alsophila aculeata*, aux proportions d'un méat irrégulier. C'est de même, pendant cet affaissement des cellules, que l'on cesse quelquefois d'y apercevoir les parois de séparation (1).

Il y a, comme on le voit, à travers le parenchyme de la tige de l'*Alsophila aculeata* et du *Balantium antarcticum*, un renouvellement des cellules du suc propre comparable à celui que j'ai signalé dans les faisceaux des feuilles des Aloès.

(1) Les poils de la surface de la tige ne sont pas colorés par la solution de sulfate de fer. Ils conservent leur couleur jaune ; mais toutes les membranes cellulaires du parenchyme et le plasma sont salis de noirâtre après quelques jours de macération et après l'exposition préalable à l'air, car les surfaces de section fraîches sont blanches. Les cellules à suc propre deviennent tout à fait noires après la même macération dans la solution ferrugineuse et l'exposition à l'air.

FIN DU TOME DOUZIÈME.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES.

MONOGRAPHIES ET DESCRIPTIONS DE PLANTES.

FLORES ET GÉOGRAPHIE BOTANIQUE.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE.

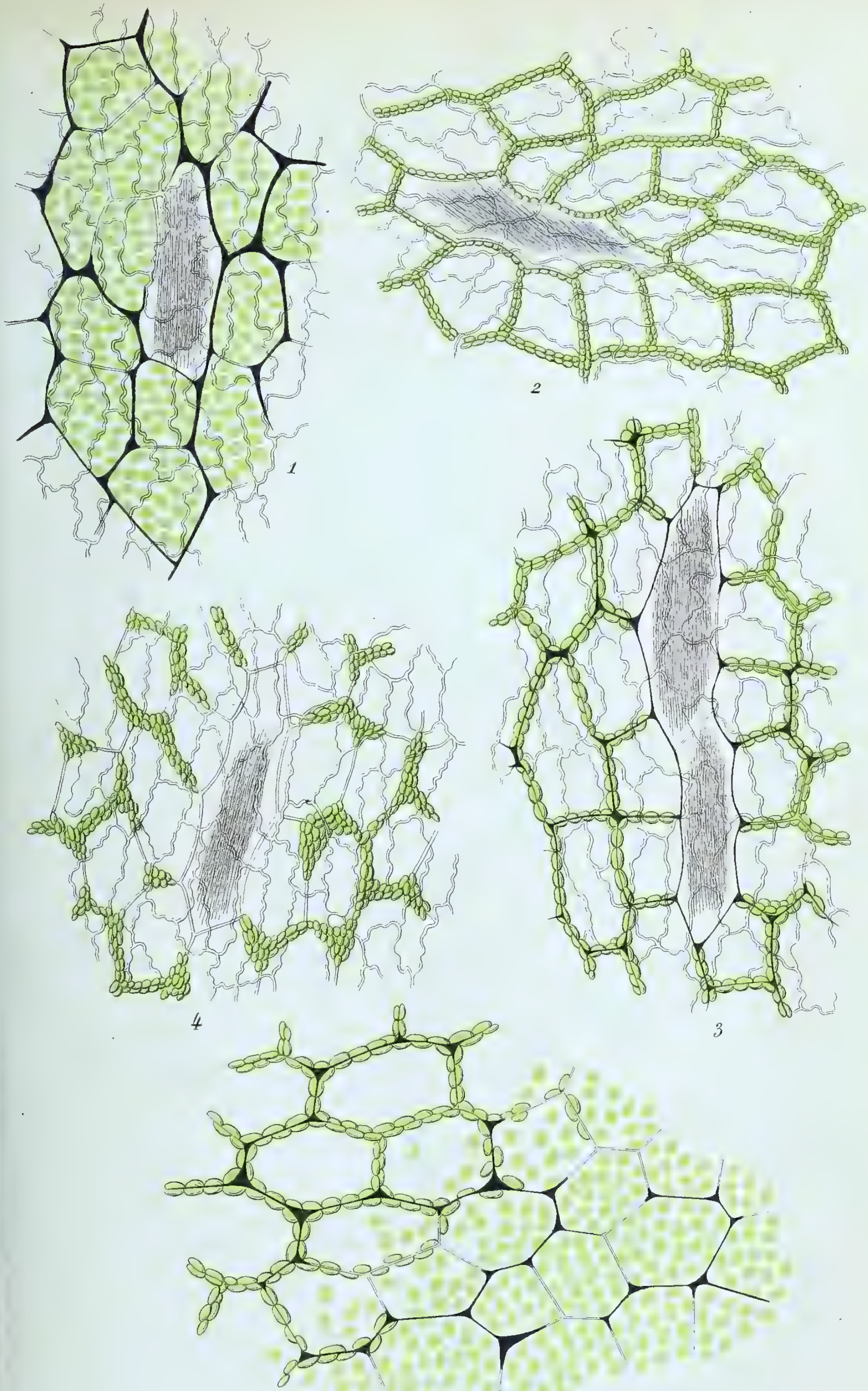
TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS.

TABLE DES PLANCHES

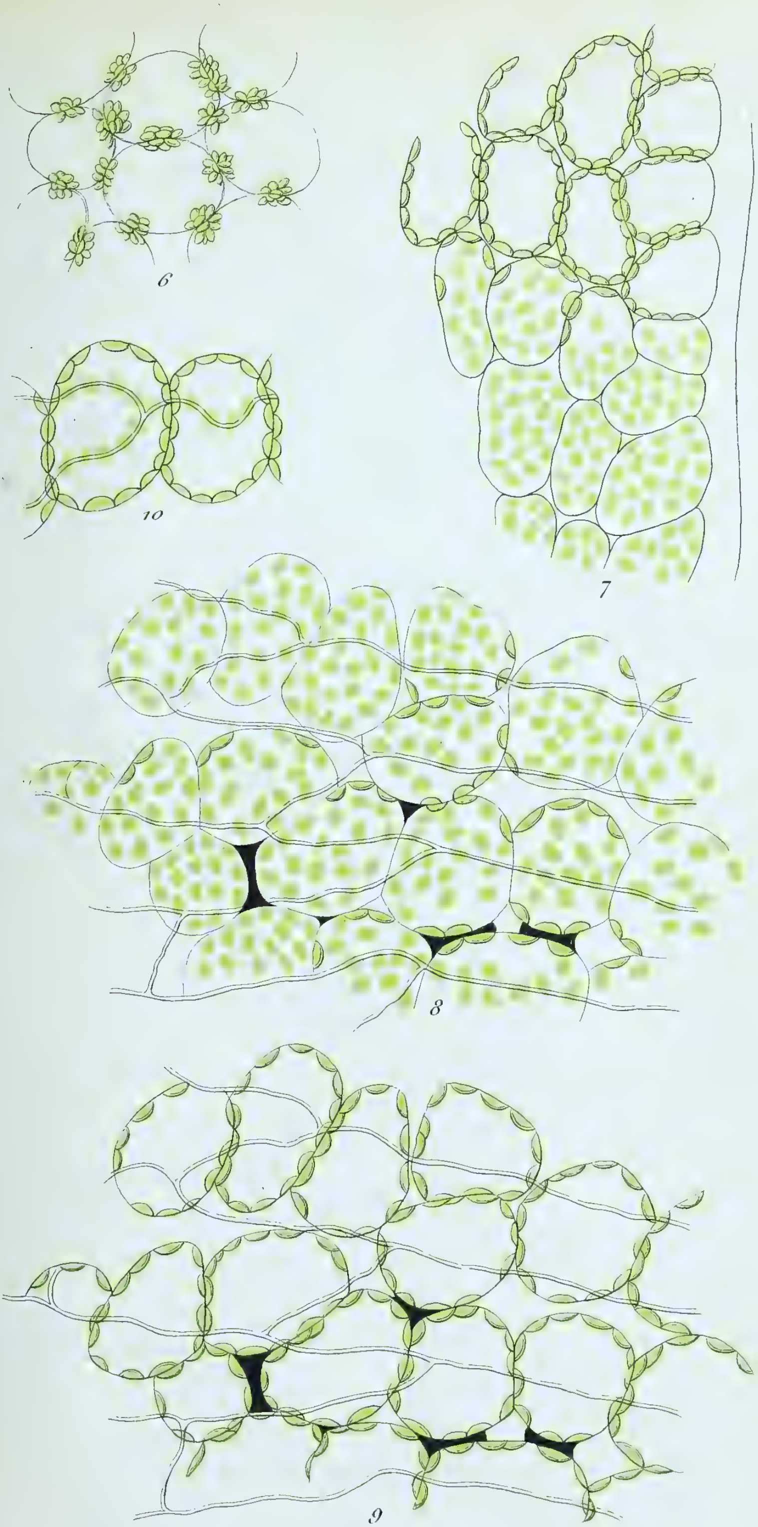
RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.



Auct. del. 5 *Severeyns lith.*

Fig. 1-5, Chlorophylle du Lemna trisulca.



Auct. del. Severeyns, lith.

Fig. 6-8, Chlorophylle du Callitriche verna.

9-10, C — de l'Alsine media.

Fig. 1.

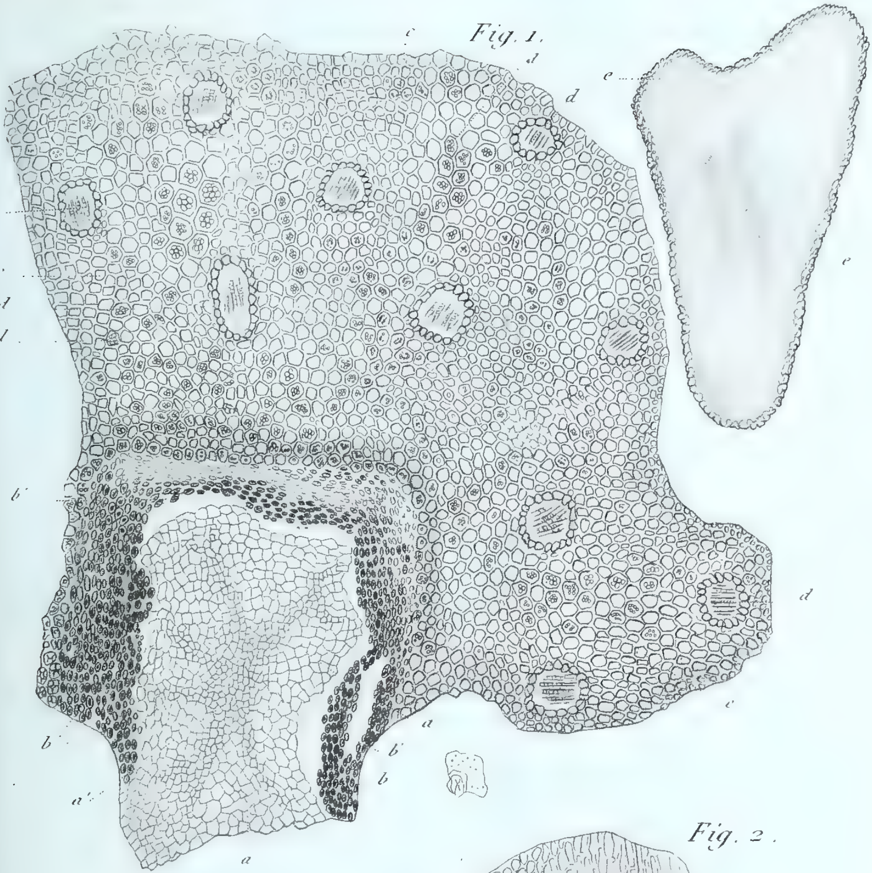
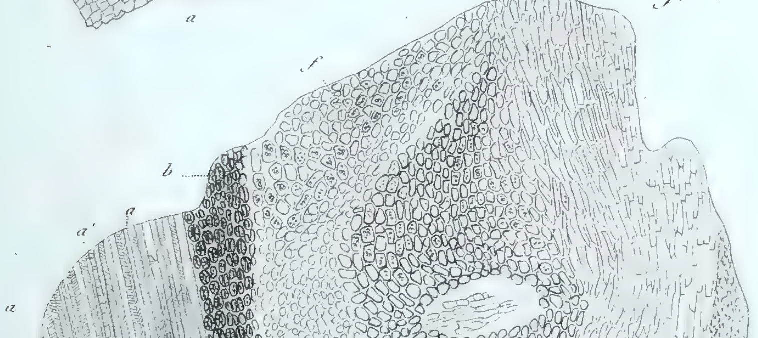


Fig. 2.



..R. del. Pierre sc.

Zygopteris Brongniartii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

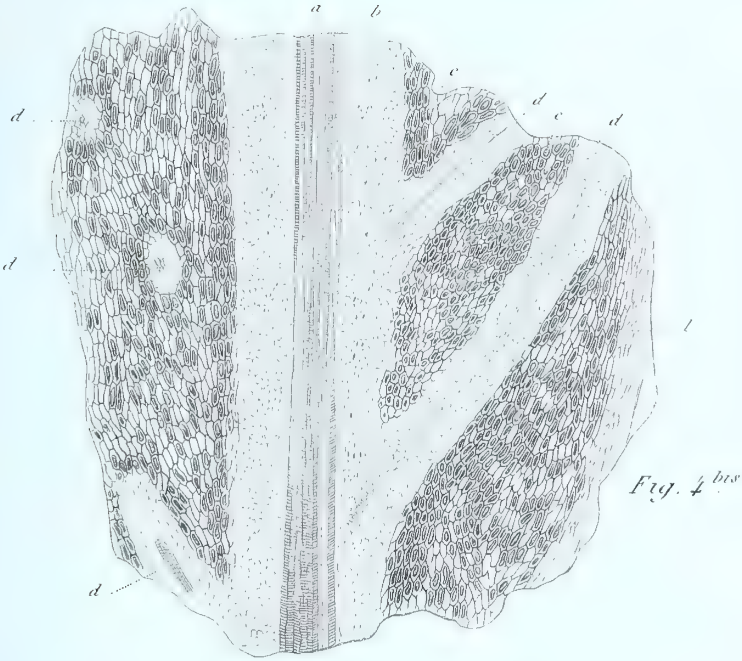


Fig. 4 bis.

Fig. 3.

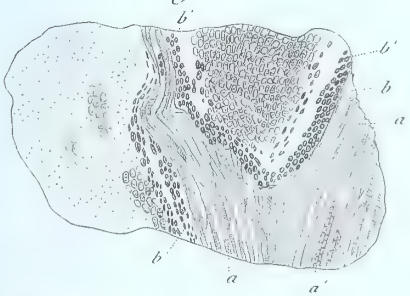


Fig. 4.

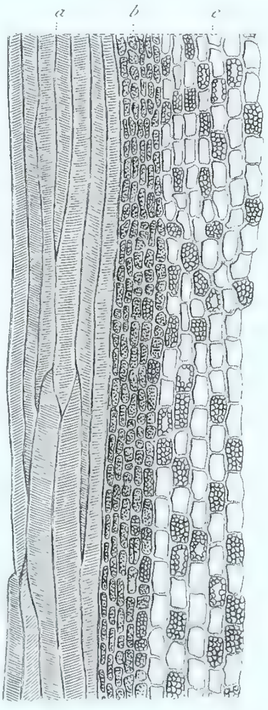
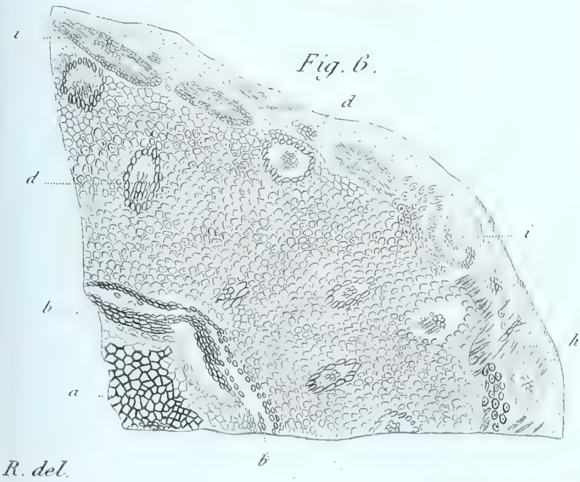


Fig. 6.



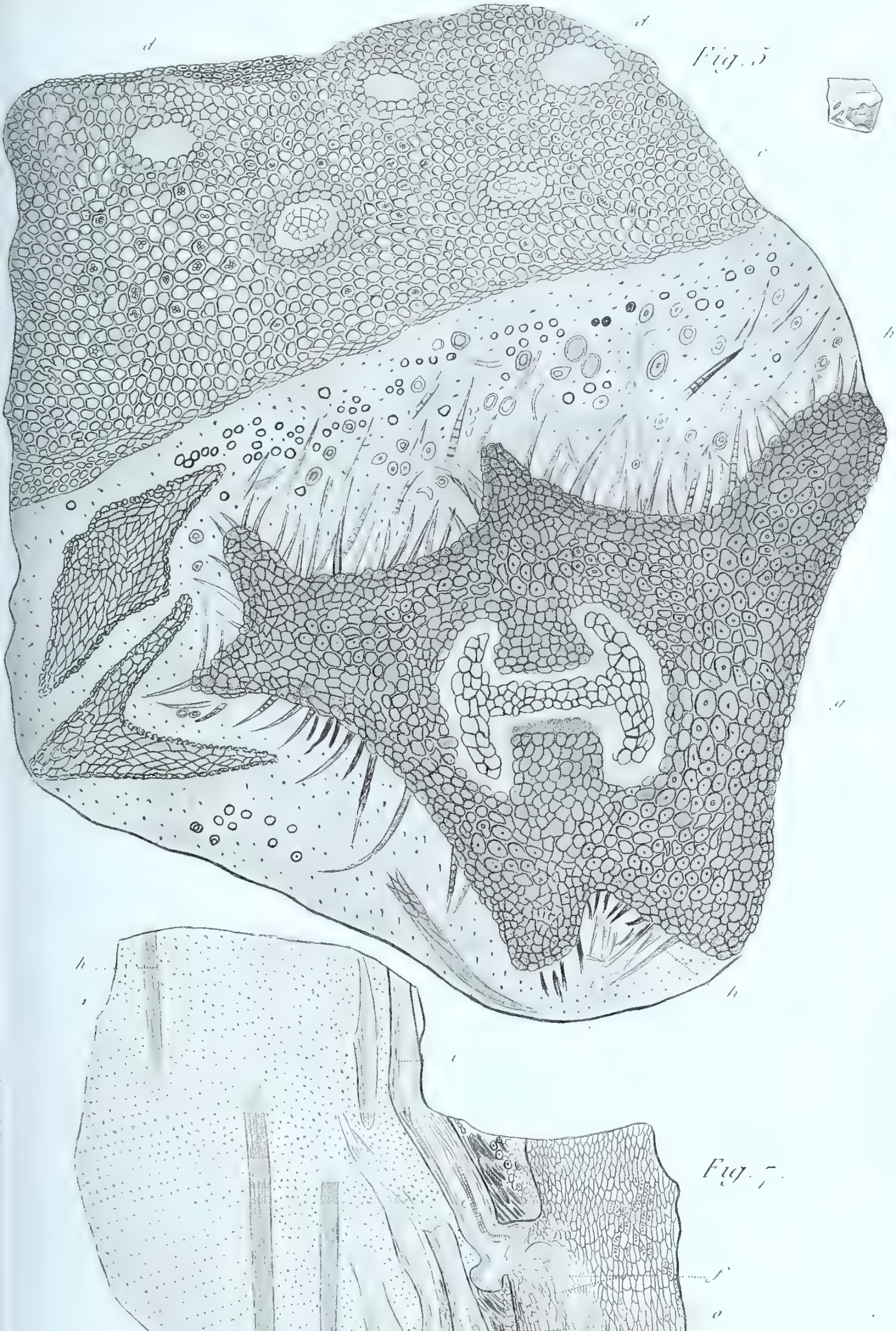
B. R. del. Pierre sc.

Zygopteris Brongniartii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

Fig. 5

Fig. 7.



B. R. del. Pierre sc.

Zygopteris Brongniartii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

Fig. 7 bis



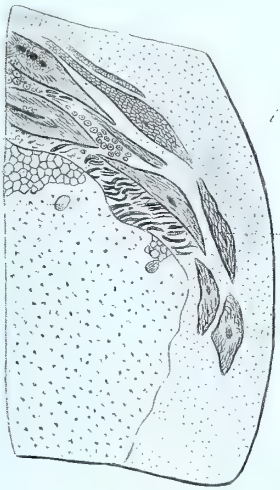
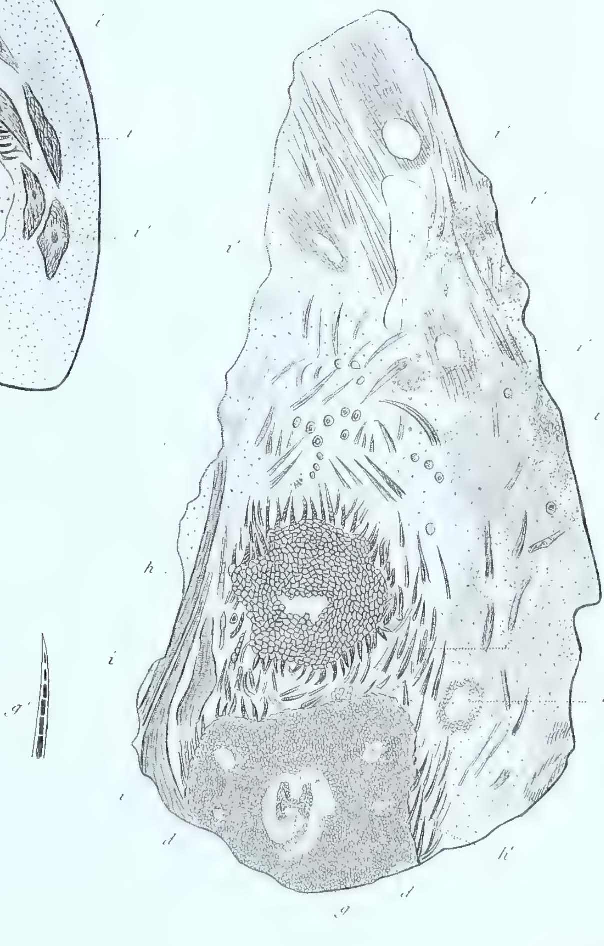


Fig. 8.

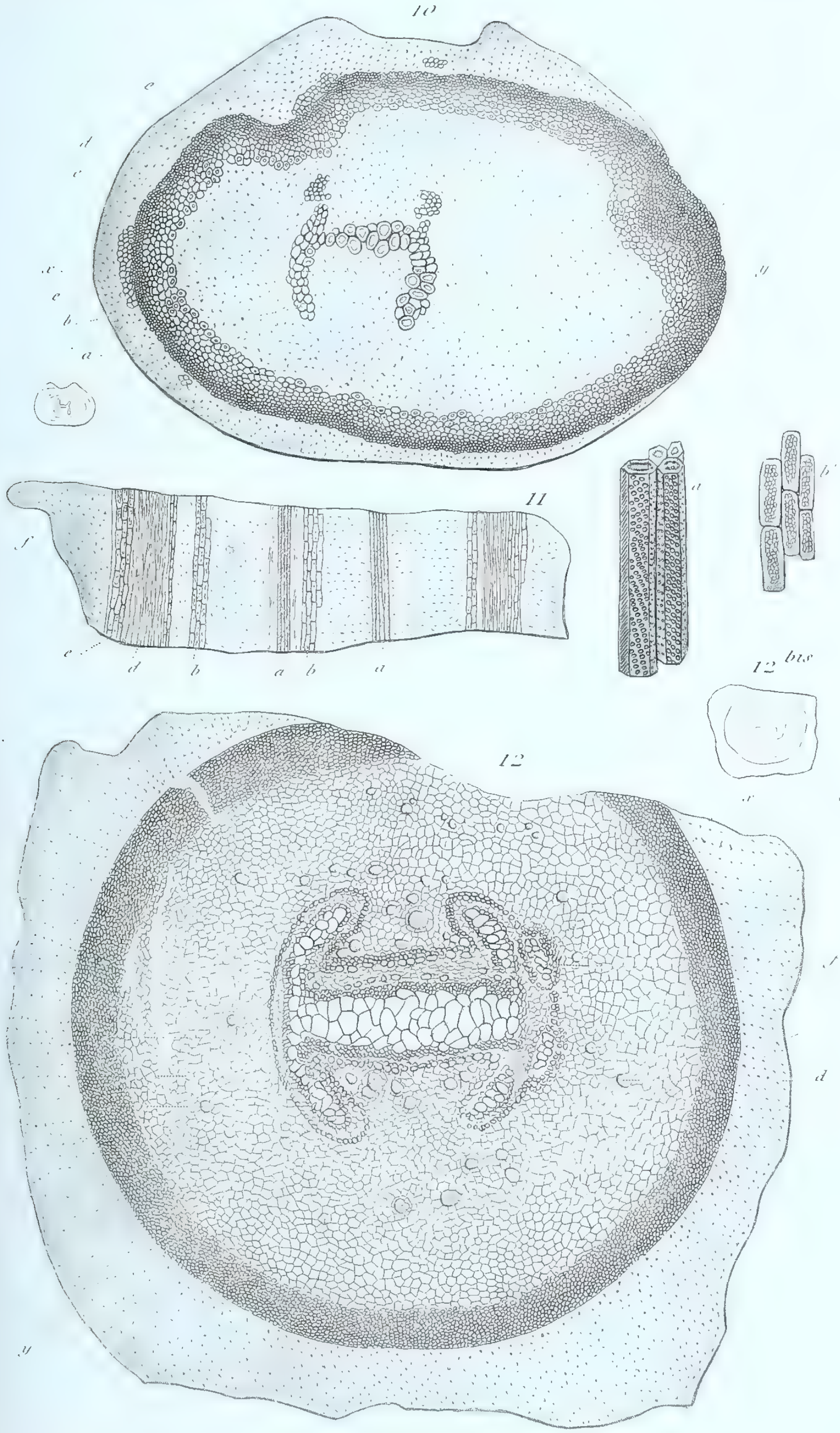
Fig. 9.



B. R. del. Pierre sc.

Zygopteris Brongniartii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

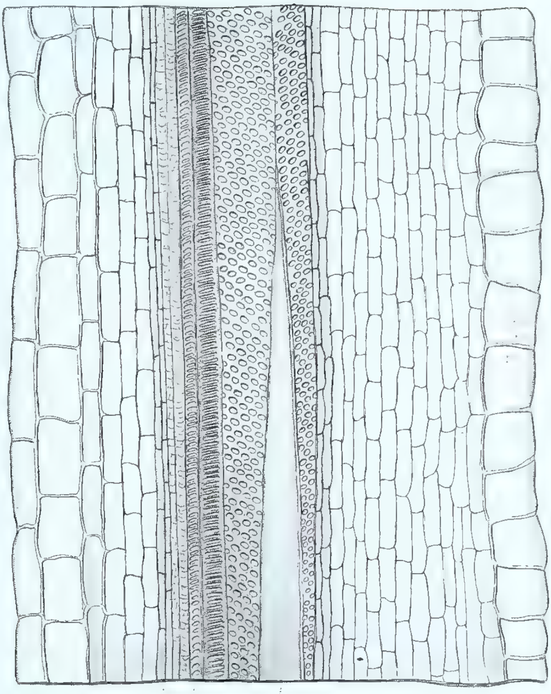


. R. del. Pierre sc.

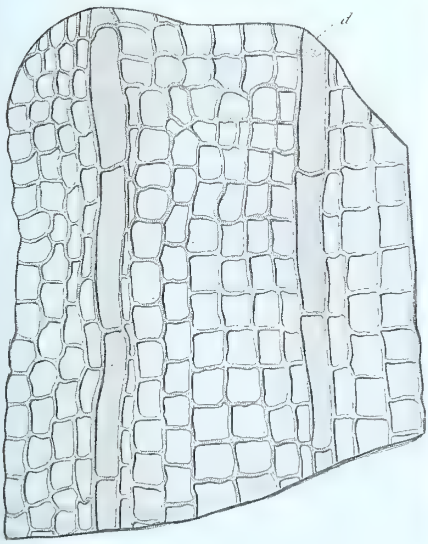
ig. 10. 11 Zygopteris elliptica B. Ren. Fig. 12 Zygopteris Lacattii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

14



15



16



B. R. del. Pierre sc.

Zygopteris Lacattii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

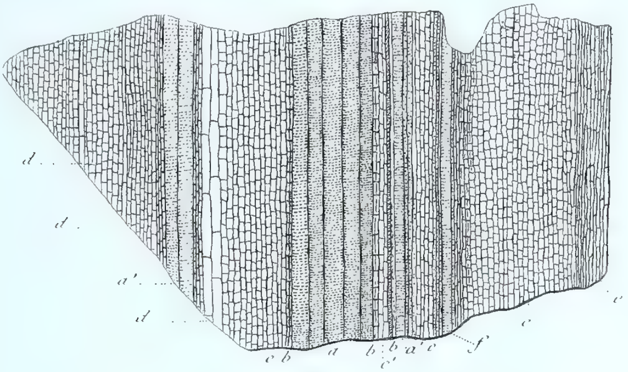
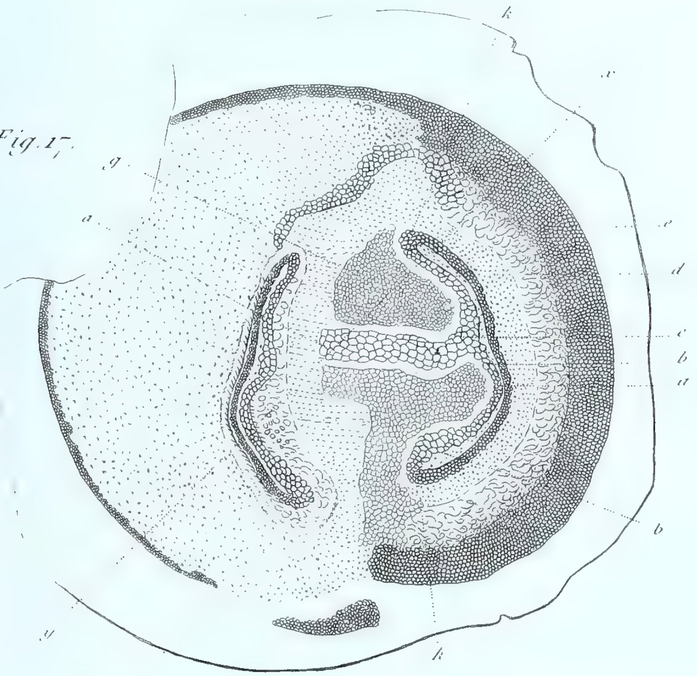


Fig. 13.

Fig. 17.



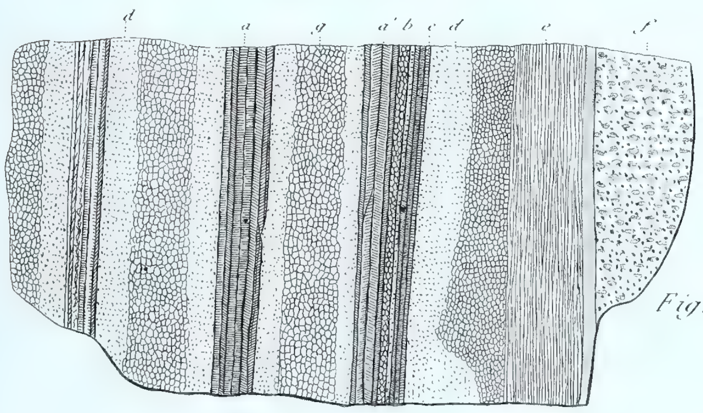


Fig. 18.

R. del. Pierre sc.

Fig. 17-18 Zygopteris bibractensis B. Ren.

Imp. A. Salmon r. Vieille Estrapade 15 Paris

Fig. 1 bis

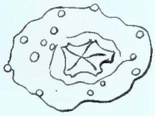


Fig. 1.

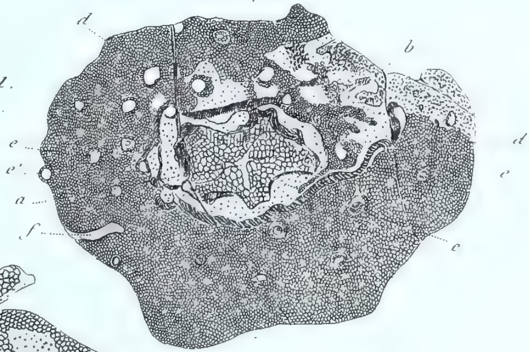


Fig. 2

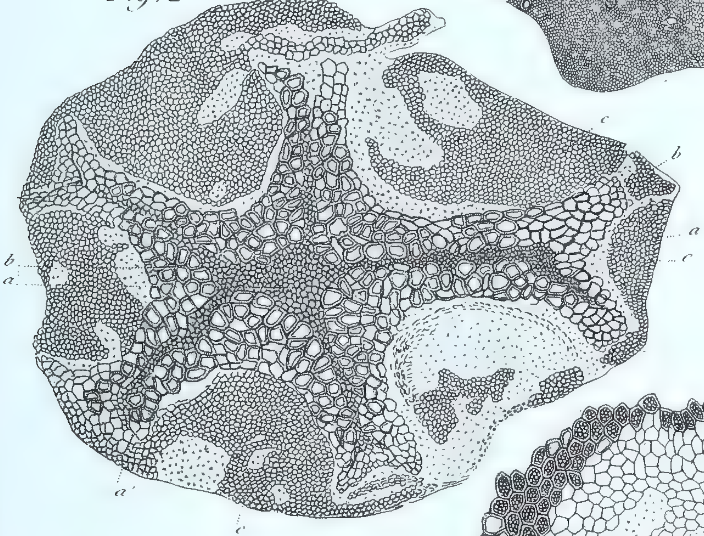


Fig. 2 bis



Fig. 4.

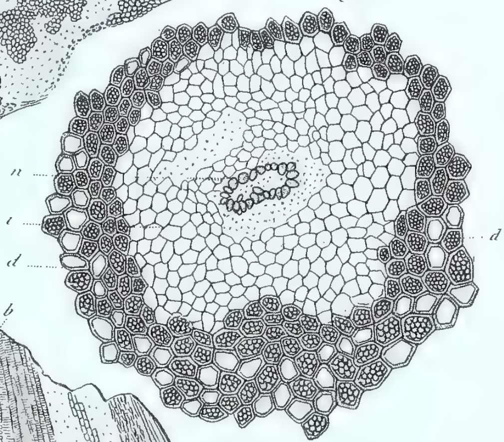
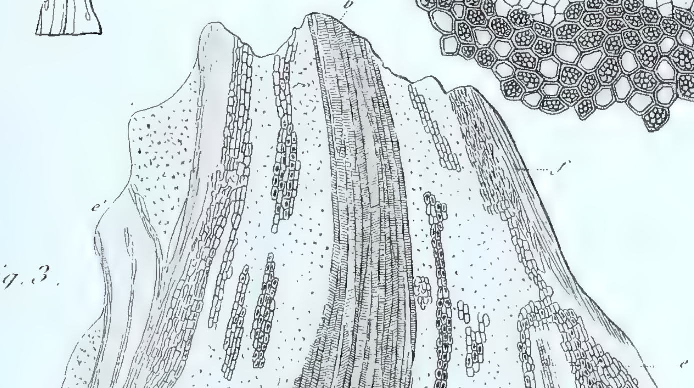


Fig. 3 bis



Fig. 3.



B. R. del. Pierre sc.

Anachoropteris Decaisnii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

Fig. 5.

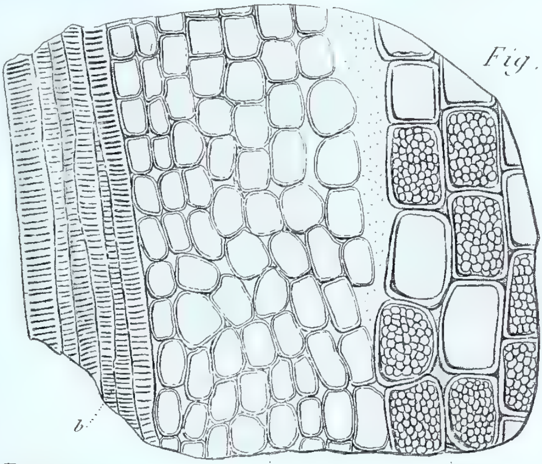


Fig. 6.

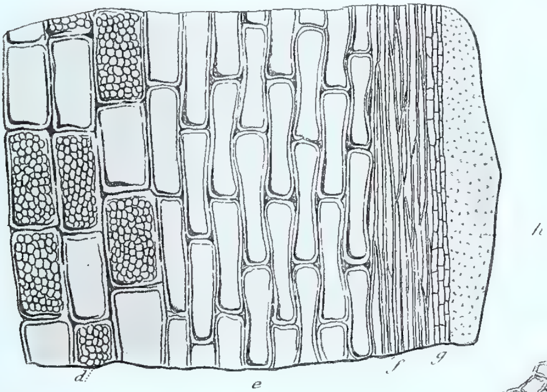


Fig. 7.

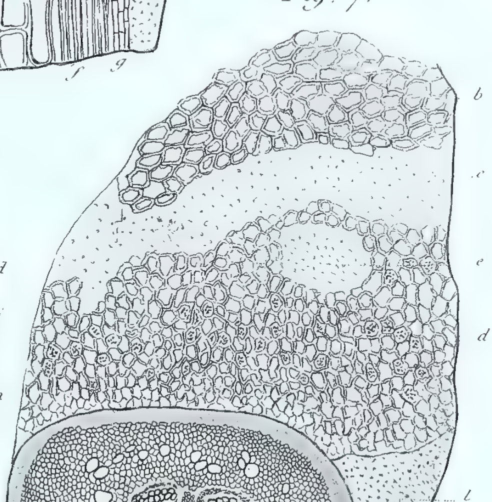
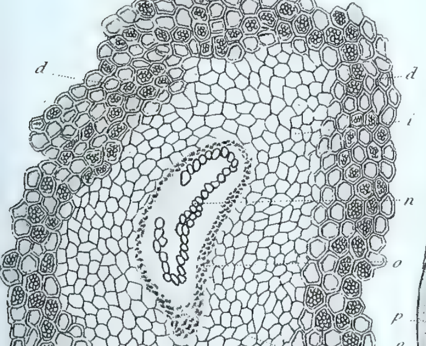


Fig. 8.



R. del. Pierre sc.

Anachoropteris Decaisnii B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15. Paris

Fig. 1.



Fig. 3.

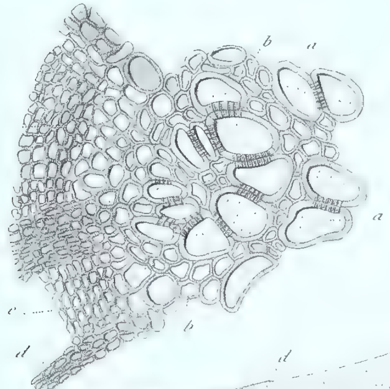
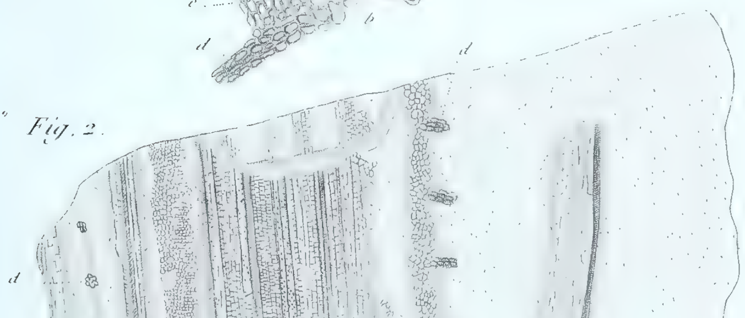


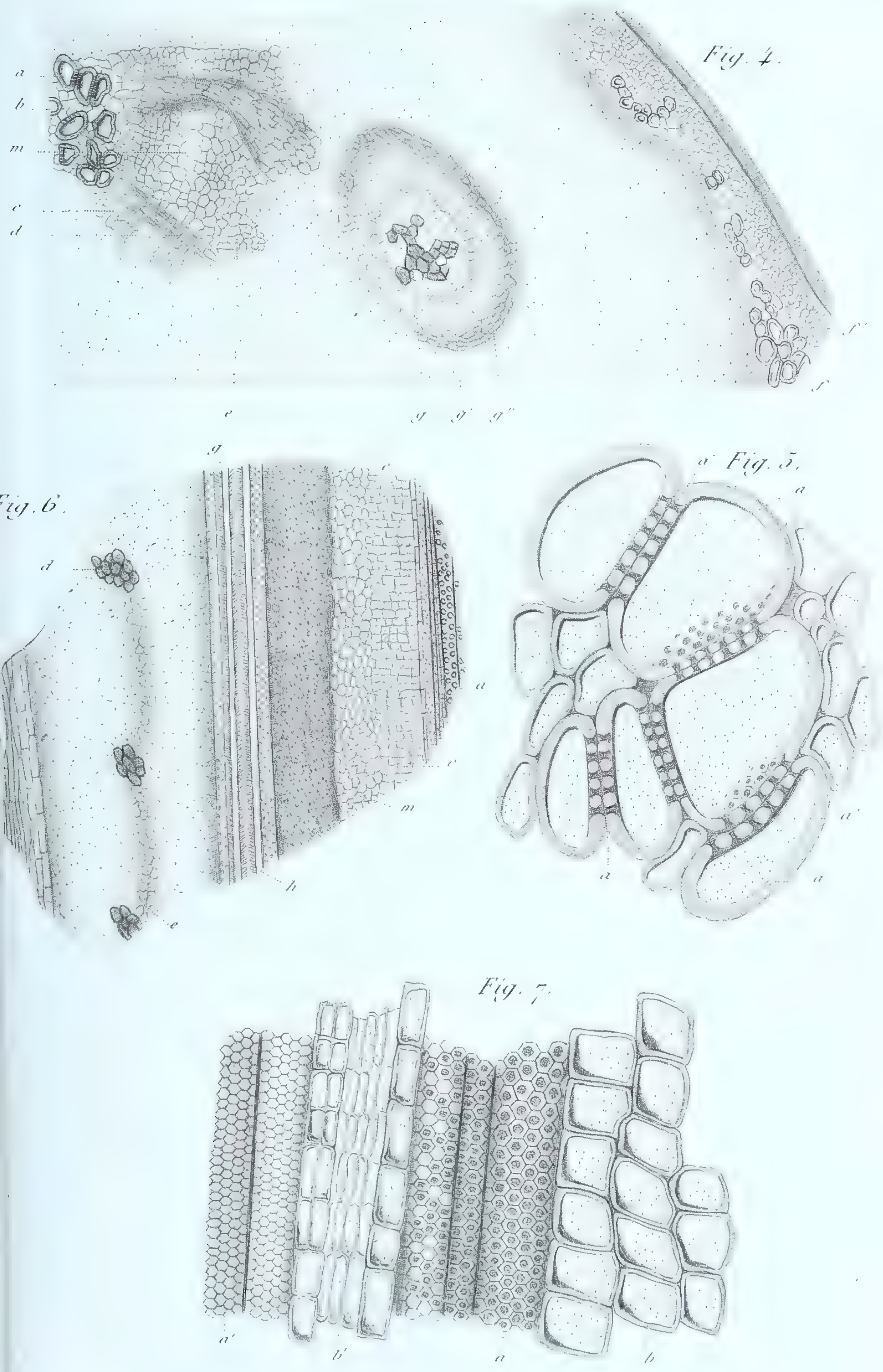
Fig. 2.



B. R. del. *Pierre sc.*

Lycopodium punctatum B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



B. R. del. Pierre sc.

Lycopodium punctatum B. Ren.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris

Fig. 1 bis

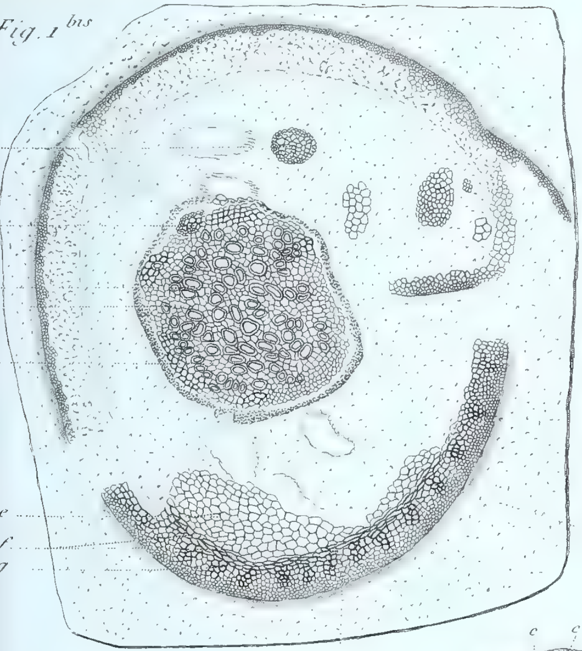




Fig. 1

Fig. 3.

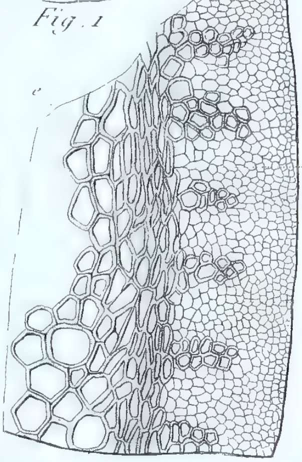


Fig. 2

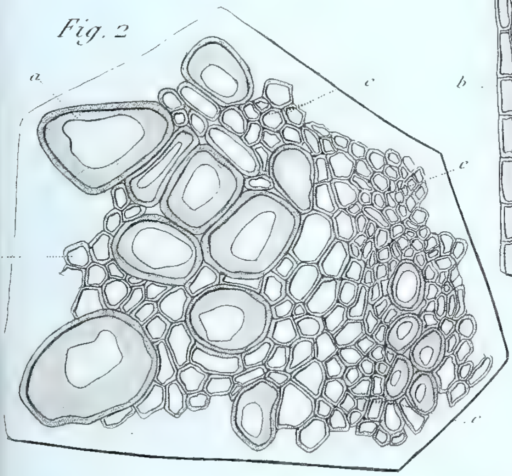


Fig. 5.

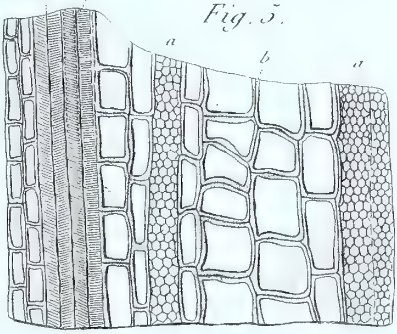


Fig. 4.

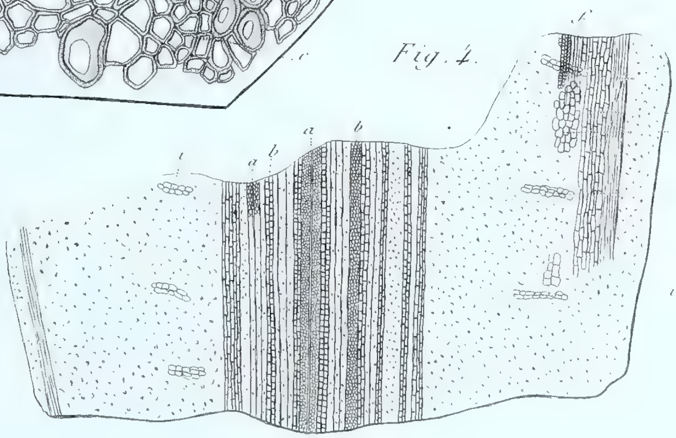


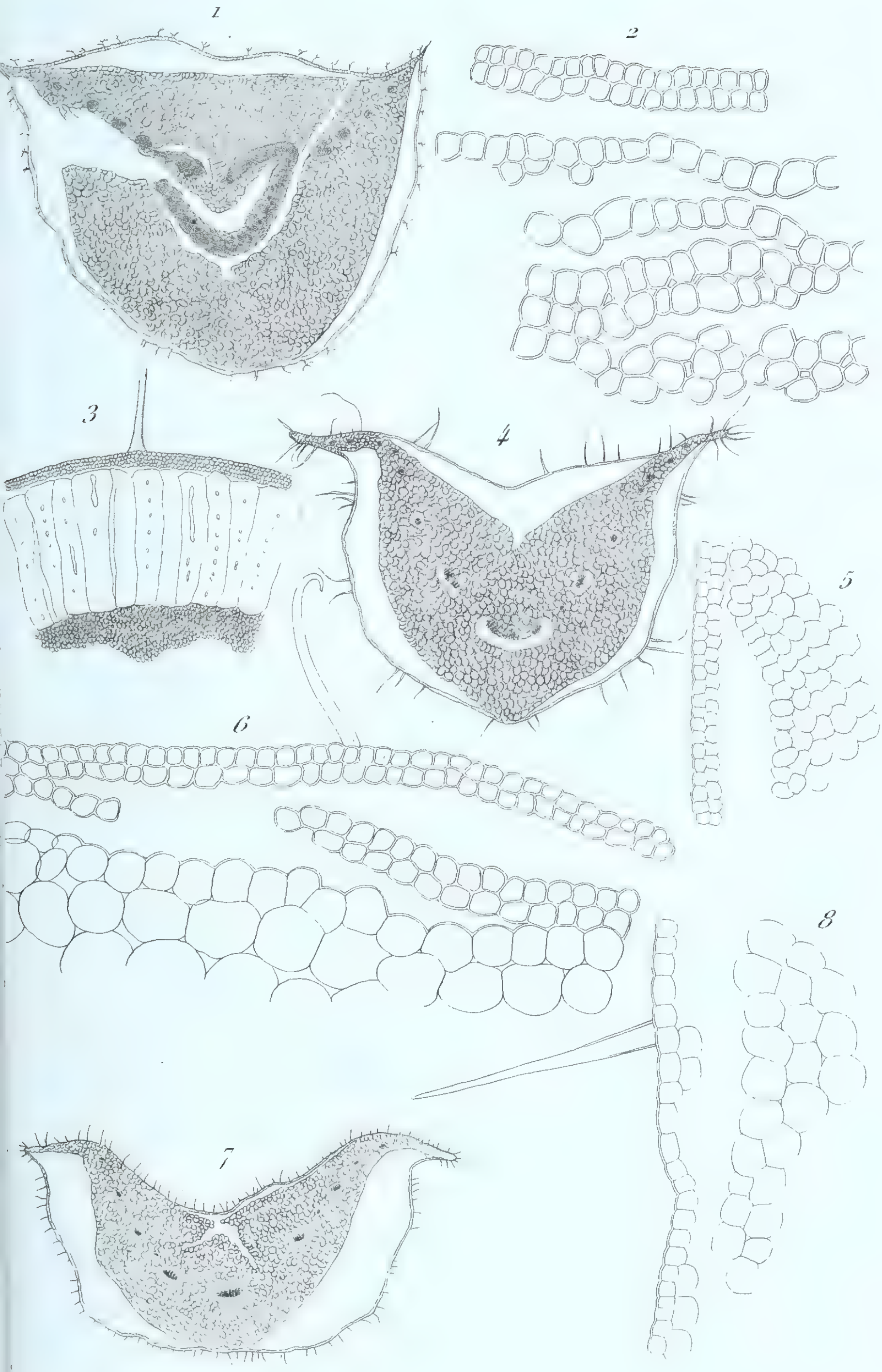
Fig. 4'



B. del.   Pierre sc.

Lycopodium Renaultii. Ad. Br.

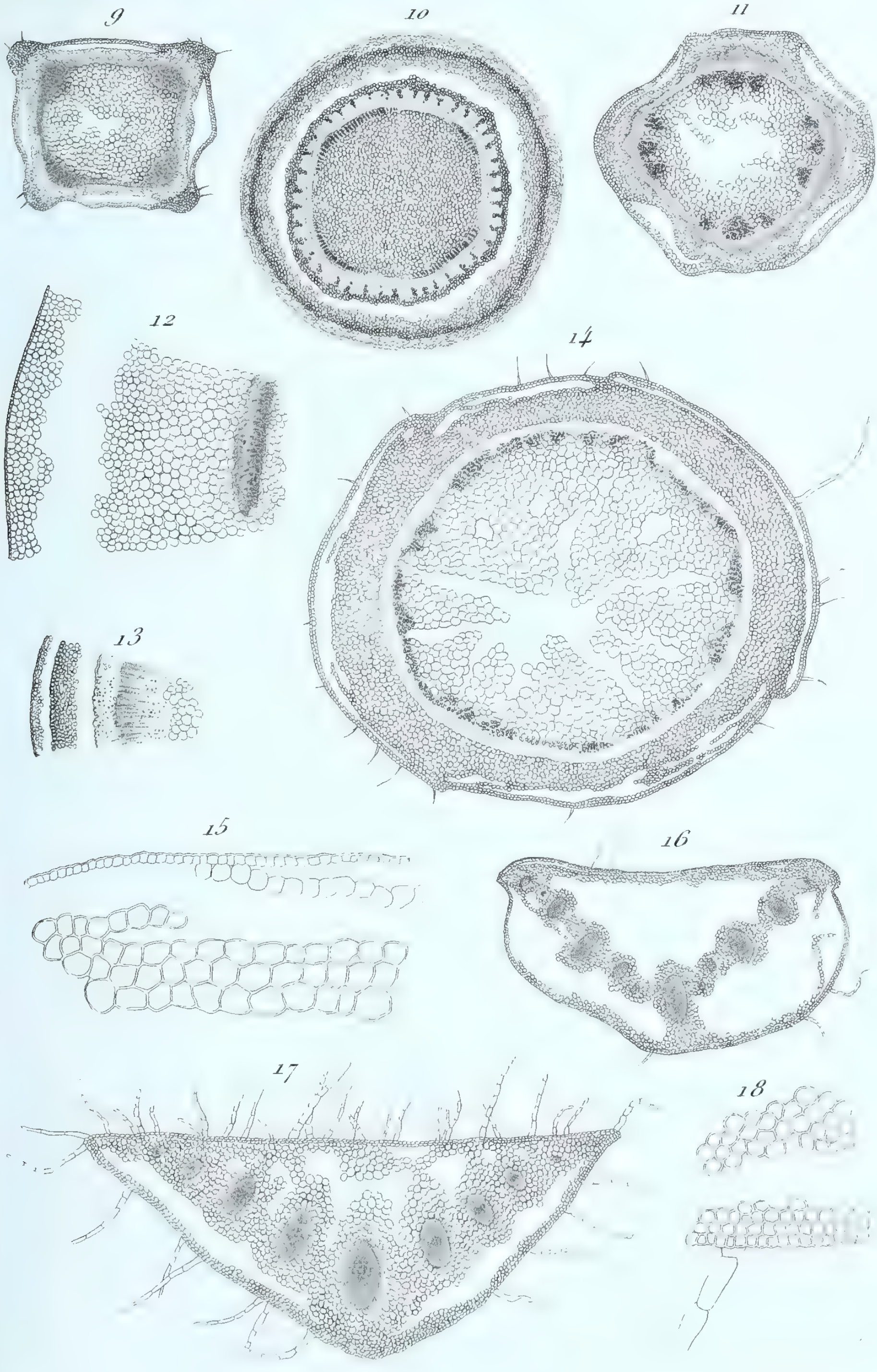
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris



Prillx del. Pierre sc.

Action de la glace à l'intérieur des Plantes.

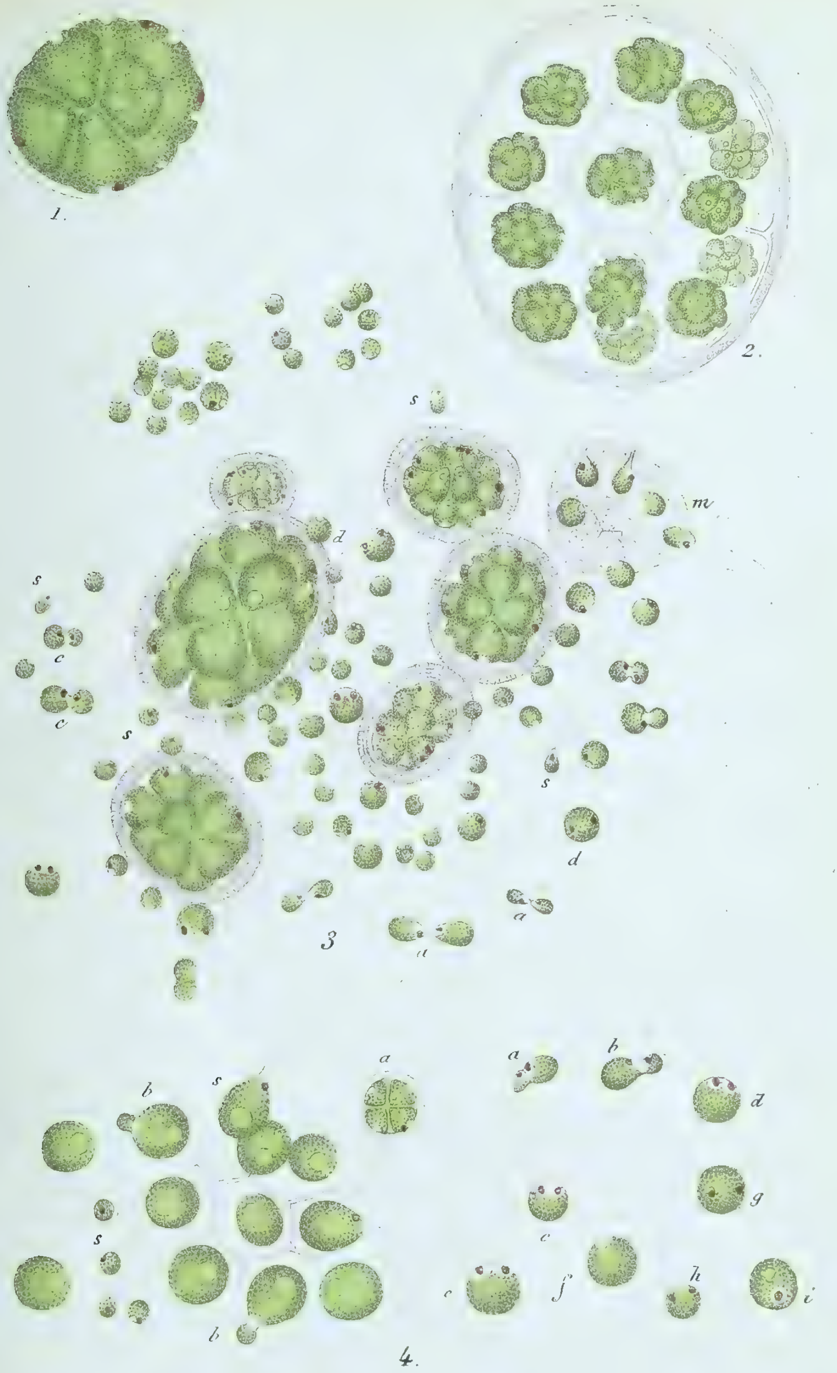
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



rillx del. Pierre sc.

Action de la glace à l'intérieur des Plantes.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Pringsheim del. *G. Severeyns, lith.*

Copulation des Zoospores.



Pringsheim del. G. Severeyns, lith.

Copulation des Zoospores.